MINING REPORT 4

Glückauf

Fachzeitschrift für Bergbau, Rohstoffe, Energie und Nachbergbau

160. Jahrgang
August 2024

ISSN
2195-6529

FOCUS OF THIS ISSUE
Post-Mining

RSM for Surveying Work 316
Project WINTER 334
World Heritage Site Zollverein 344
Restoration of Mine Water Drainage 354
Renovation of Flooded Water Release Tunnel 365
Historic Mining Infrastructure on the Harz Mountains 372
Stolberg Sinkholes 382
WG Post-Mining 386

Sebastian Hillinger, Nikolaus Linder, Philipp Philipp

Renovation of a Flooded Water Release Tunnel: Wilsmicker and Altenberger Tunnels in Wenden in the Sauerland

In January 2023, a spontaneous outflow of water occurred in front of a residential building in Wenden in the Sauerland/Germany. The water flow was linked to the head of an old drainage shaft, which was connected to a wide mining gallery. Immediately after the damage, ad hoc investigation and security measures were initiated. After weighing up the pros and cons of various rehabilitation options, a solution was favoured which would continue to drain the tunnel system under overflow conditions (pressure heads above the tunnel system). A collapsed area within the tunnel was renovated and long-term dewatering shafts (drainage-buildings) with open channels were installed on top of the tunnel. Finally, the surface was restored and shaped to the hydraulic site conditions. Additionally, safety-relevant mining cavities were filled with a hydraulically setting building material.

Sanierung eines überstauten Wasserlösestollens: Wilsmicker und Altenberger Stollen in Wenden im Sauerland

Im Januar 2023 kam es vor einem Wohnhaus in Wenden im Sauerland zu einem schwallartigen Wasseraustritt aus dem Untergrund. Das Wasser trat im Bereich eines Entwässerungsschachts zu Tage, wobei dieser an ein weitreichendes Stollensystem angeschlossen war. Nach Eintritt des Schadensfalls wurden ad-hoc-Untersuchungs- und Sicherungsmaßnahmen eingeleitet. Nach Abwägung unterschiedlicher Sanierungsvarianten wurde eine Lösung bevorzugt, die das Stollensystem weiterhin im Überstau entwässert. Im Zuge der Sanierungsarbeiten wurde ein Hochbruch saniert und nachhaltige Hebebauwerke inkl. Freispiegelleitungen wurden auf den Stollen aufgesetzt. Abschließend wurden sämtliche Oberflächen wiederhergestellt, wobei diese an die hydraulischen Standortbedingungen angepasst wurden. Zusätzlich wurden sicherungsrelevante Resthohlräume mit einem hydraulisch abbindenden Baustoff verfüllt.

1 Background

On 13th January 2023, a spontaneous outflow of subsurface water occurred in front of a residential building in Wenden in the Sauerland/Germany (Figure 1). The town of Wenden belongs to the Olpe district and is located in the southeastern part of North Rhine-Westphalia. The water emerged from a drainage shaft and as well from a fracture between two asphalt pavements in front of the building. Itflooded the basement of the building by an inflow through the basement windows. As a first emergency measure, the water was pumped out of the basement by the local fire brigade. The owner of the building erected a sandbag barrier and directed the water to a nearby sewer inlet.

The drainage shaft at the origin of the damage is located in the area of a garage driveway and was constructed on top of the Wilsmicker dewatering tunnel in the 1980s (Figure 2). The

1 Ausgangssituation

Am 13. Januar 2023 kam es vor einem Wohnhaus in Wenden im Sauerland zu einem schwallartigen Wasseraustritt aus dem Untergrund (Bild 1). Wenden gehört zum Kreis Olpe und liegt im südöstlichen Bereich von Nordrhein-Westfalen. Das Wasser trat aus einem Entwässerungsschacht und an der Nahtstelle zwischen zwei Asphaltdecken zu Tage. Es strömte u. a. auf das Wohnhaus zu und floss über die Lichtschächte des Hauses in den Keller. Der Keller wurde von der Feuerwehr freigepumpt. In Eigenleistung errichtete der Eigentümer eine Barriere aus Sandsäcken und leitete das Wasser nach Osten zu einem Kanaleinlauf.

Der betroffene Entwässerungsschacht liegt im Bereich einer Garagenzufahrt und wurde in den 1980er Jahren auf den Wilsmicker Stollen aufgesetzt, der Grubenwässer aus einem weiträumigen Grubengebäude ableitet (Bild 2).

Fig. 1. Situation shortly after the damage occurred (looking south). // Bild 1. Situation kurz nach Schadenseintritt (Blickrichtung Süden). Photo/Foto: Bezirksregierung Arnsberg

Wilsmicker dewatering tunnel drains water from the mining galleries of former Wilsmicker and Altenberger mines.

The construction of the drainage shaft in the 1980s was linked to a barrier at the entrance of the Wilsmicker dewatering tunnel, as the tunnel entrance was used as an illegal waste dump in former times. Thus, the hydraulic continuity of the dewatering system was disrupted. During the construction of the drainage shaft, a pipeline (concrete pipe, DN 400) was connected to the shaft head to drain the former mine by gravity flow to the next surface run-off (Figure 3).

In January 2023, immediately after the damage, the district government of Arnsberg, Department Mining and Energy in North Rhine-Westphalia, Dortmund/Germany, as mining authority in charge initiated ad hoc exploration works and safety measures as part of their statutory mandate. On the recommendation of the Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT), Essen/Germany, a controlled draw down of the hydraulic system was initiated in the area of the drainage shaft. For this purpose, the shaft head was excavated partially by the construction company Daniel Wehler GmbH, Rennerod/Germany. Thus, the drainage through the gravity-flow pipe connected to the shaft head was temporarily restored.

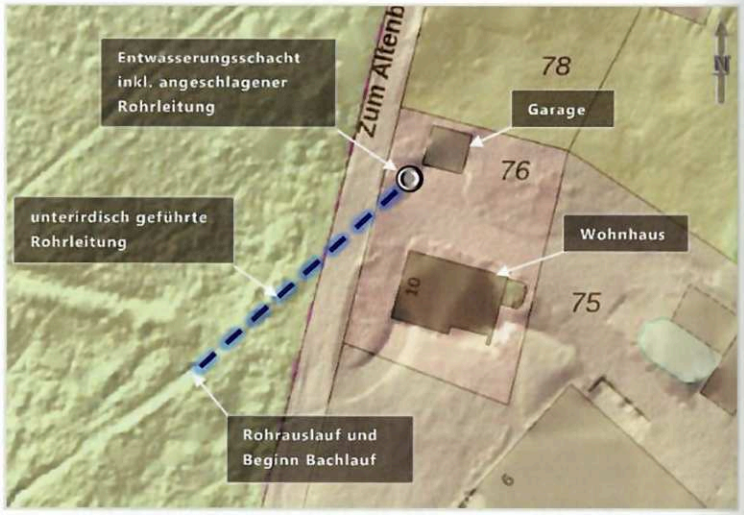

Fig. 2. Site plan including terrain model.
Bild 2. Lageplan inkl. Geländemodell. Source/Quelle: www.tim-online.nrw.de

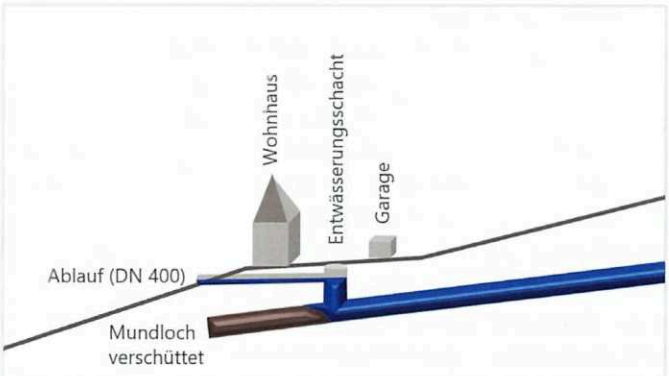

Fig. 3. Schematic section of the original system (south to north).
Bild 3. Schematischer Schnitt ursprüngliches System (Süden nach Norden).
Source/Quelle: FWT

Der Grund für die in den 1980er Jahren erfolgte Errichtung des Entwässerungsschachts soll eine Verstopfung im Stollenmundlochbereich des Wilsmicker Stollens gewesen sein, da das Stollenmundloch als wilde Abfallkippe genutzt worden ist und damit der Abfluss bzw. die hydraulische Durchgängigkeit gestört wurde. Im Zuge der Errichtung wurde im oberen Schachtbereich eine Rohrleitung (Betonrohr, DN 400) angeschlagen, welche die aufsteigenden Wässer im Freigefälle in Richtung Südwesten ableitete (Bild 3).

Im Januar 2023 leitete die Bezirksregierung Arnsberg, Abteilung Bergbau und Energie in NRW, Dortmund, unmittelbar nach Schadenseintritt im Rahmen ihres gesetzlichen Auftrags ad-hoc-Untersuchungs- und Sicherungsmaßnahmen ein. Dabei wurde auf Empfehlung der Fichtner Water & Transportation GmbH (FWT), Essen, im Bereich des Entwässerungsschachts eine hydraulische Entspannung geschaffen. Hierfür wurde der Schachtkopf durch die Daniel Wehler GmbH, Rennerod, freigelegt, wodurch die Entwässerung über die im Schacht angeschlossene Freispiegelleitung zu einem nahegelegenen Bachlauf wieder provisorisch hergestellt wurde.

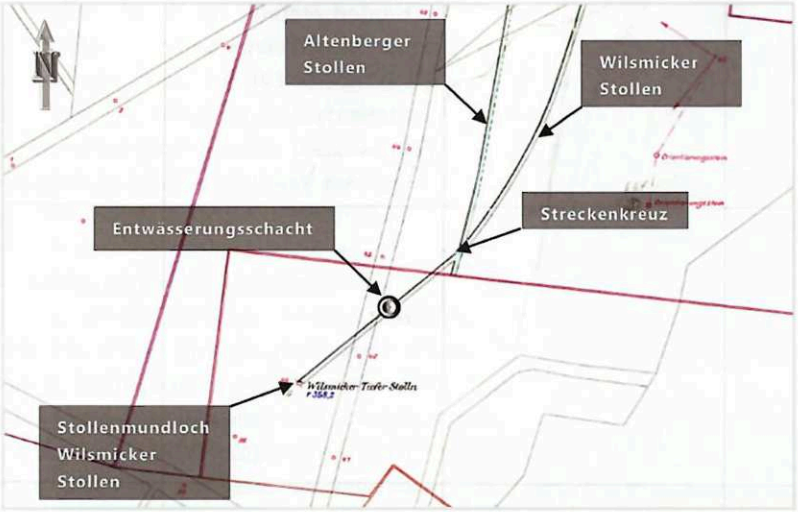

Fig. 4. Excerpt from the sketch work. // Bild 4. Ausschnitt aus dem Risswerk. Source/Quelle: Bezirksregierung Arnsberg

2 Exploration works and planning of a sustainable drainage system

An evaluation of the mine's historical documents by the FWT revealed that the dewatering tunnel of the former Wilsmicker mine is crossed by a second tunnel approximately 30 m to the north of the drainage shaft (Figure 4). The second tunnel is called the Altenberger Stollen. Both tunnels belong to the Altenberger and the Wilsmicker mining district in which iron ore was primarily mined until the middle of the last century.

To investigate the dewatering situation, a test pit was implemented in the area of the crossing tunnels. Subsequently the test pit was excavated further towards the eastern/southeastern direction. Along the entire length of the test pit the excavation was performed to a depth of approxikmately 6 m. This depth corresponds to the hard rock surface below the sediments (Figure 5).

Both tunnels could not be explored directly by excavation. The exploration was to be continued by drill holes. All drill holes were performed as rotary drillings. The tunnels were probed by a total of seven drill holes. In addition, extensive water monitoring was carried out to further investigate the hydraulic boundary conditions in the project area.

The exploration works by drill holes and the subsequent water monitoring confirmed that the Wilsmicker dewatering tunnel is crossed by a second tunnel, and that the overflow occurs within the Wilsmicker tunnel system. Furthermore, information about the flow directions and the origin of the water was obtained through physico-chemical analyses of the mine water. The overflow showed water heights partially reached the surface. In addition, different water heights were determined within different tunnel sections. This indicated that hydraulic separations occurred within the tunnel system, e. g. by barriers caused by partly collapses of the tunnel (Figure 6).

Based on the exploration results, FWT created a comprehensive renovation concept including various variants. After evaluation

2 Erkundungsarbeiten und Planung des Entwässerungssystems

Eine von der FWT durchgeführte Auswertung des Risswerks führte zu der Erkenntnis, dass sich ca. 30 m nordöstlich des Entwässerungsschachts ein Streckenkreuz befindet, an dem sich der Altenberger und der Wilsmicker Stollen kreuzen (Bild 4). Diese Stollen gehören zum Altenberger und Wilsmicker Revier, in dem bis Mitte des vorigen Jahrhunderts vornehmlich Eisenerz abgebaut wurde.

Auf Empfehlung der FWT wurde auf Höhe des Streckenkreuzes ein Baggerschurf angesetzt, der dann in Richtung Osten/Südosten vorangetrieben wurde. Der Baggerschurf wurde auf der gesamten Länge bis zu einer Tiefe von ca. 6 m entsprechend der Felslinie durchgeführt (Bild 5).

Über den Baggerschurf konnten beide Stollen weder durch direktes Anfahren noch über Fehlstellen an der Felslinie erkundet werden, weshalb im nächsten Schritt eine bohrtechnische Erkundung erfolgte. Sämtliche Bohrungen wurden als Vollkronendrehbohrungen ausgeführt. Über die Bohrarbeiten konnten die Stollen an insgesamt sieben Bohransatzpunkten erkundet werden. Zusätzlich wurde ein umfangreiches Wassermonitoring durchgeführt, um die hydraulischen Randbedingungen im Projektgebiet näher zu erkunden.

Fig. 5. Drone shot of the crossroads area. Bild 5. Drohnenaufnahme vom Bereich des Streckenkreuzes. Photo/Foto: FWT

Die Bohrarbeiten und die im Anschluss durchgeführten hydraulischen Untersuchungen zeigten, dass der Wilsmicker Stollen tatsächlich von einem zweiten Stollen gekreuzt wird und unter einem erheblichem Überstau steht. Des Weiteren konnten über die chemisch-physikalischen Untersuchungen Informationen über den Fließweg bzw. die Herkunft der Wässer gewonnen werden. Der Überstau zeigte Druckspiegel, die teilweise bis zur Tagesoberfläche reichten. Zudem gaben unterschiedliche Druckspiegel im Stollensystem Hinweise auf hydraulische Trennungen, z. B. durch Verbrüche (Bild 6).

Auf Basis der Erkundungsergebnisse wurde von der FWT ein umfassendes Sanierungskonzept inkl. verschiedener Va-

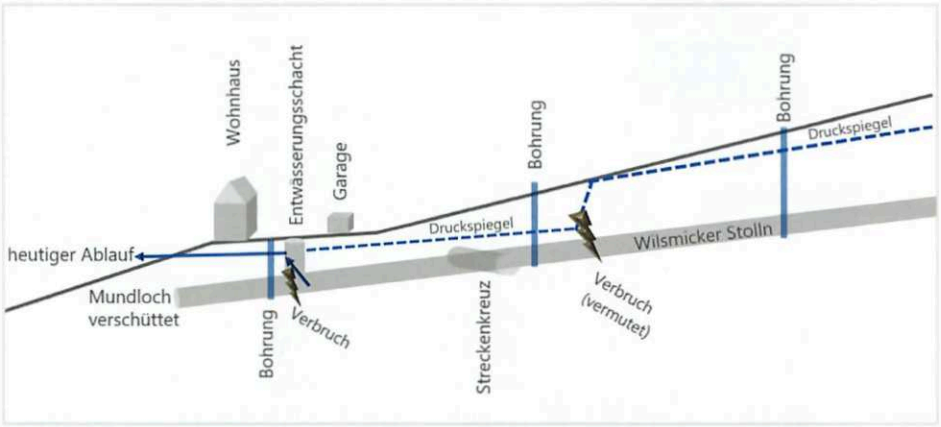

Fig. 6. Model of the tunnel system after completion of the exploration work.
Bild 6. Modell des Stollensystems nach Abschluss der Erkundungsarbeiten. Source/Quelle: FWT

of the pros and cons of various technical rehabilitation measures, a solution was favoured which would continue to drain the tunnel system under overflow conditions (pressure heads above the tunnel system). This solution was chosen in order not to disturb the flooded tunnel system and to minimize the remediation measures and cost.

FWT designed the construction of an approximately 8 m high dewatering shaft (drainage-building) in the crossing of the tunnels. Within this shaft the water rises on a defined pressure head before discharging in a gravity pipe (DN 400) towards the existing drainage shaft and to the next surface-run-off system.

As an additional safety feature, at approximately 100 m to the north of the crossing tunnel section the construction of a second shaft was implemented. With this redundant shaft a second drainage of the mine dewatering is available in the case of major flooding event. The dewatering of this second shaft is discharged by a gravity pipeline (DN 400) towards the run-off stream Wilsmicke.

Finally, the tunnel sections downstream of the dewatering shafts were backfilled in order to create a hydraulic barrier and to eliminate a possible risk of surface collapses and water outflows in the area of the surrounding residential buildings.

Figure 7 shows the schematic representation of the drainage system planned by FWT.

rianten erstellt. Nach Abwägung der unterschiedlicher Sanierungsvarianten wurde eine Lösung bevorzugt, die das Stollensystem weiterhin im Überstau entwässert. Dieses Vorgehen wurde bewusst gewählt, um das überstaute Stollensystem nicht zu stören und um den Sanierungsaufwand und die damit verbundenen Sanierungskosten zu minimieren.

Konkret wurde von FWT im Bereich des Streckenkreuzes die Errichtung eines ca. 8 m hohen Hebebauwerks mit einem Freispiegelabfluss geplant, in dem das Wasser kontrolliert aufsteigt, bevor eine Ableitung über eine an den Schacht angeschlagene Rohrleitung (DN 400) bis zum Entwässerungsschacht erfolgt. Dort wurde ein Anschluss an die Bestandsrohrleitung vorgesehen.

Als zusätzliches Sicherungselement wurde ca. 100 m nördlich des Streckenkreuzes ein redundantes Hebebauwerk geplant, welches die aufsteigenden Wässer im Fall eines stärkeren Überstauereignisses hebt und über eine im oberen Bereich des Hebebauwerks vorgesehene Rohrleitung (DN 400) bis zum Bach Wilsmicke führt.

Abschließend wurde für die südlich des Streckenkreuzes befindlichen Stollenabschnitte eine Verfüllung mit einem hydraulisch abbindenden Baustoff vorgesehen, um eine hydraulische Barriere zu schaffen und eine mögliche Tagesbruchgefährdung im Bereich des Wohnhauses und der Garage zu beseitigen.

Bild 7 stellt schematisch das von der FWT geplante Entwässerungssystem vor.

3 Bauausführung

Die Baumaßnahme wurde im Oktober 2023 begonnen und befindet sich gegenwärtig kurz vor dem Abschluss. Ausführendes Unternehmen für die oben dargestellten Erkundungsarbeiten und für die Sicherungsarbeiten war die Daniel Wehler GmbH.

Zu Maßnahmenbeginn wurden weitere Erkundungsbohrungen abgeteuft, bevor der Stollen abstromig angefahren wurde. Als Ansatzpunkt für die Aufwältigung des Stollensystems wurde das zuvor erwähnte Streckenkreuz gewählt. Im Bereich des Streckenkreuzes liegt eine verhältnismäßig geringe Überdeckung von ca. 7 m vor.

Das Streckenkreuz wurde über eine Rampe angefahren, die von Osten in Richtung Westen verläuft (Bild 8). Die Aufwältigung mittels einer Rampe hat sich vor allem bei geringen Überdeckungsmächtigen als kostengünstige und effiziente Auffahrungstechnologie bewährt. Aufgrund eines ausreichenden Platzangebots konnte die Rampe/

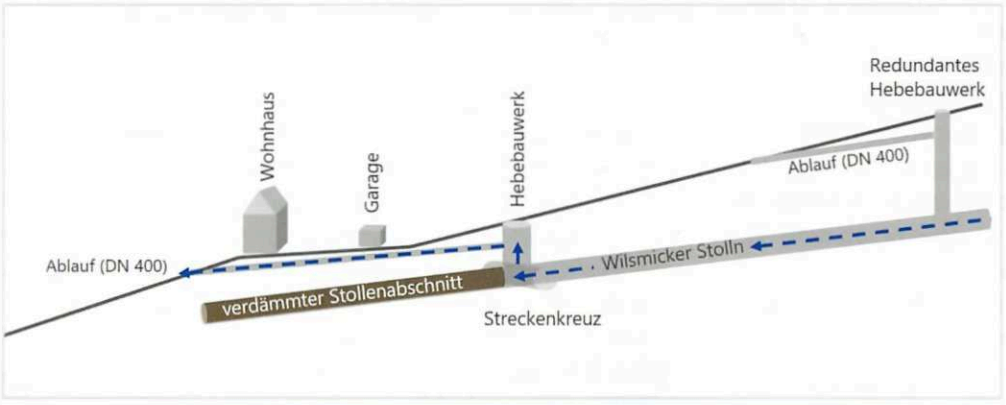

Fig. 7. Schematic section through the underground drainage system.
Bild 7. Schematischer Schnitt zum untertägigen Entwässerungssystem. Source/Quelle: FWT

3 Construction

The construction works were initiated in October 2023 and will be completed soon. The exploration works that were described above as well as the construction of the securing measures were carried out by the construction company Daniel Wehler.

At the beginning of the rehabilitation works further exploratory boreholes were drilled before the tunnel was accessed downstream. The area of the crossing tunnels was chosen as starting point. In the area of the crossing tunnels there is a relatively small overburden with a thickness of approximately 7 m.

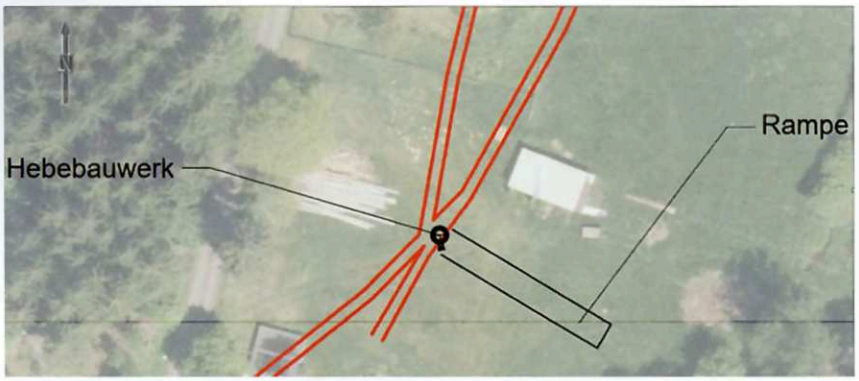

Fig. 8. Construction of a ramp for clearing the tunnel system. // Bild 8. Errichtung einer Rampe für die Aufwältigung des Stollensystems. Source/Quelle: FWT

The mining galleries were accessed by ramp which was constructed from east to west (Figure 8). The access of mining galleries by ramp has proven to be cost-effective and efficient excavation technique, especially when the overburden thickness is relatively small. Due to sufficient space on the surface, the ramp/excavation pit could be built as a sloped pit. A temporary pit support system was not necessary.

After the mining galleries were accessed successfully, the excavation pit and the tunnels were equipped with construction pumps. An effective pump capacity of approximately 100 l/s was necessary for a successful dewatering.

Subsequently, the tunnel system could be accessed through the northern part of the excavation pit. The first inspection showed that the tunnels are crossing each other over several meters. Furthermore, towards the northern direction the sections of the Altenberger and Wilsmicker tunnels were clearly visible (Figure 9).

The Altenberger tunnel was accessible over a length of approximately 40 m. Here the entire cross-section was blocked with masses, so that the tunnel could not be accessed any further towards the northern direction. A continuous flow of water could be observed on the blocked mining face (cohesive and non-cohesive material).

Baugrube geböscht ausgeführt werden. Ein zusätzlicher Baugrubenverbau war nicht notwendig.

Nach erfolgreicher Aufwältigung wurden die Baugrube und das Stollensystem mit Baupumpen bestückt, wobei für die erfolgreiche Sümpfung eine effektive Pumpenleistung von ca. 100 l/s notwendig war.

Am nördlichen Stoß der Baugrube konnte das Stollensystem nach erfolgter Baugrubensümpfung im Portalbereich befahren werden. Hierbei zeigte sich, dass sich das Streckenkreuz über mehrere Meter erstreckt. Des Weiteren waren die in Richtung Norden verlaufenden Stollenabschnitte des Altenberger- und des Wilsmicker Stollens deutlich zu erkennen (Bild 9).

Der Altenberger Stollen konnte auf einer Länge von ca. 40 m befahren werden. Im weiteren Stollenverlauf war der gesamte Querschnitt mit Massen zugesetzt, weshalb der Stollen nicht weiterführend befahren werden konnte. An dem mit Massen (rolliges und bindiges Material) zugesetzten Stoß konnte im Firstbereich ein kontinuierlicher Wasserzufluss beobachtet werden.

Der Wilsmicker Stollen konnte auf einer Länge von ca. 160 m befahren werden. Im Wilsmicker Stollen wurden zwei Verbruchstellen bzw. zwei Hochbrüche beobachtet, die ca. 100 m und 160 m nördlich des Streckenkreuzes registriert wurden.

Im Bereich des ersten Hochbruchs war die Sohle mit Massen und Blöcken zugesetzt, sodass das Wasser aufgestaut wurde. Die Massen wurden beräumt, sodass das Wasser wieder frei ablaufen konnte und der Stollen weiterführend in Richtung Norden befahren werden konnte (Bild 10).

Ca. 160 m nördlich des Streckenkreuzes war der Stollen so stark mit Nachbruch und Massen zugesetzt (rolliges und bindiges Material), dass dieser nicht weiterführend befahren werden konnte. Aus dem mit Massen zugesetzten Bereich strömten dem Stollen während Befahrungen erhebliche Wassermassen zu.

Über die gewonnenen Erkenntnisse aus den untertägigen Befahrungen und anhand von über- und untertägigen Vermessungsarbeiten, u. a. Polygonzüge, wurde die ursprüngliche Planung optimiert. Des Weiteren wurde von der FWT mittels LiDAR-Scan-Technologie ein 3D-Modell des Stollensystems inkl. digitalem Geländemodell erstellt.

Fig. 9. Crossroads (looking north).
Bild 9. Streckenkreuz (Blickrichtung Norden). Photo/Foto: FWT

The Wilsmicker tunnel was accessible over a length of approximately 160 m towards the northern direction. Two downfalls or fracture zones were observed within the Wilsmicker tunnel. These fracture zones were observed approximately 100 m and 160 m to the north of the crossing tunnels.

In the area of the first fracture zone, the bottom was blocked by rock mass, non-cohesive and cohesive material, and boulders. As a result, the water was blocked. The masses were removed manually so that the water could flow freely again, and the tunnel could be accessed further towards the northern direction (Figure 10).

Fig. 10. First high collapse before (left) and after the clearance (right) (view north).
Bild 10. Erster Hochbruch vor (l.) und nach der Beräumung (r.) (Blickrichtung Norden).
Photos/Fotos: FWT

Approximately 160 m to the north of the intersecting tunnel sections, the tunnel was blocked by boulders and rock masses so large (non-cohesive and cohesive material) that the tunnel could not be accessed further towards the northern direction. During the tunnel inspection significant amounts of water flowed into the tunnel whereby water flew out of the blocked tunnel section.

The planning was optimized by the knowledge gained from the underground inspections and on the basis of surface and underground survey works including open-traverse. Furthermore, FWT created a 3D model of the tunnel system using LiDAR scanning technology including a digital terrain model.

The first fracture zone is located beneath the area of a residential estate. For this reason, excavation and rehabilitation of the first fracture zone was recommended. On the other hand, it was not necessary to carry out any safety and/or renovation work in the area of the second fracture zone, as this is located beneath forested areas that are generally not frequented.

The first fracture zone was excavated from ground surface. The thickness of the overburden 12 to 15 m. The first fracture zone was accessed by ramp. The ramp was constructed from the southeastern direction towards the northwestern direction. Due to sufficient space on the surface, the ramp/excavation pit could be built as a sloped pit. A temporary pit support system was not necessary.

After the relevant mining gallery was accessed by ramp, two profile-sewer-pipes (DN 1,000) were installed within the fracture zone. These pipes served as formwork for the concreting works by stamped concrete.

Since this tunnel section was already exposed and the section could be accessed by ramp, the section could also be used to build the redundant shaft to ensure the drainage function. For this purpose, concrete shaft rings (DN 1,000) were placed on the previously installed profile channel pipes. A pipeline (DN 400) was installed in the upper area of the shaft for discharging the water to the stream Wilsmicke (Figure 11, left).

Now the dewatering shaft was built in the area where the two tunnels crossed. To this end, a PKS shaft sump (PKS – profile-sewer-pipe-system) was built on the bottom of the excavation pit. This sump was totally embedded in stamped concrete. Ac-

Da der erste Hochbruch bzw. die erste Verbruchstelle laut Zulage im Bereich eines Wohngrundstücks lag, wurde eine Aufwältigung und Sanierung des ersten Hochbruchs von über Tage empfohlen. Dementgegen wurde für den Abschnitt am zweiten Hochbruch kein akuter Handlungsbedarf für Sicherungs- und/oder Sanierungsarbeiten gesehen, da der weiter nördlich liegende zweite Hochbruch im Bereich von bewaldeten, in der Regel nicht frequentierten Flächen liegt.

Der erste Hochbruch wurde nun von über Tage aufgewältigt, wobei der ca. 12 bis 15 m unter Geländeoberkante (GOK) liegende Abschnitt ebenfalls über eine Rampe angefahren wurde. Die Rampe wurde von Südosten nach Nordwesten aufgefahren. Aufgrund eines ausreichenden Platzangebots konnte die Rampe/Baugrube geböscht ausgeführt werden. Ein Baugrubenverbau war nicht notwendig.

Nach der erfolgreichen Aufwältigung dieses Stollenabschnitts wurden zwei Profilkanalrohre (DN 1.000) im Stollen bzw. im Hochbruchbereich installiert. Diese Rohre dienten als Schalung für die Betonierarbeiten mittels Stampfbeton.

Da dieser Stollenabschnitt nun bereits aufgewältigt und über die Rampe anfahrbar war, konnte er gleichzeitig für die Errichtung des redundanten Hebebauwerks zur Absicherung der Entwässerungsfunktion genutzt werden. Hierfür wurden Betonschachtringe (DN 1.000) auf die zuvor installierten Profilkanalrohe aufgesetzt. Im Schachtkopfbereich des redundanten Hebebauwerks wurde planmäßig eine Rohrleitung (DN 400) installiert, die bis zum Bach Wilsmicke geführt wurde (Bild 11, links).

Nun wurde im Bereich des Streckenkreuzes das eigentliche Hebe- bzw. Entwässerungsbauwerk errichtet. Dafür wurde auf der Sohle ein PKS-Schachtsumpf (PKS – Profilkanalrohrsystem) errichtet, der umlaufend in Stampfbeton eingebettet wurde. Auf den Schachtsumpf wurden bis zur Geländeoberkante Betonrohre (DN 1.500) aufgesetzt. Für Revisionszwecke und ggf. notwendige Reinigungsarbeiten, z. B. mittels Saugbagger, wurde der Schacht zusätzlich mit einer Fahrung und mit einer verschließ-

Fig. 11. View of the redundant lifting structure (left) and the crossroads lifting structure (right).
Bild 11. Blick in das redundante Hebebauwerk (l.) und in das Hebebauwerk Streckenkreuz (r.). Photos/Fotos: FWT

cordingly, concrete shaft rings (DN 1,500) were installed onto the shaft sump up to the surface. For inspection purposes and any necessary cleaning works, e. g. using a suction excavator, the shaft was also equipped with a leader and a manhole top. The pipeline was led from the dewatering shaft to an existing drainage shaft. Here the pipeline was connected to the existing pipeline (DN 400) within the drainage shaft (Figure 11, right).

After dewatering by pumps was stopped, the completed drainage system was commissioned as scheduled. After the tunnel system had reached the flooding state again, the function of the drainage system was successfully proven.

Immediately after the underground works and the earthworks were completed, all surfaces were restored and adapted to the site's hydraulic conditions. During the earthworks, drone surveys were carried out to optimize the landscaping and also the surface drains and discharges into the surrounding streams. Additionally, river maintenance was carried out in consultation with the responsible authorities, e. g. lower water authority, water conservation measures.

Finally, tunnel sections to south of the crossing of tunnels were backfilled by a hydraulically set building material to create a hydraulic barrier and to eliminate a possible risk of surface collapses/fractures in the area of the surrounding buildings.

At the time of this writing, the remaining work was in progress, such as paving the entrance area, backfilling and the remaining earthworks. The project is expected to be successfully completed soon.

baren Klappe bestückt. Die Rohrleitung wurde vom Hebebauwerk bis zum Entwässerungsschacht geführt, wo sie an die Bestandsleitung (DN 400) angeschlossen wurde (Bild 11, rechts).

Nach Einstellung der Sümpfung wurde das fertiggestellte Entwässerungssystem planmäßig in Betrieb genommen. Nachdem das Stollenystem den Überstauzustand wieder erreicht hatte, konnte die Funktion des Entwässerungssystems erfolgreich nachgewiesen werden.

Unmittelbar nachdem die untertägigen Arbeiten sowie die übertägigen Erdarbeiten abgeschlossen waren, wurden sämtliche Oberflächen wiederhergestellt, wobei diese an die hydraulischen Standortbedingungen angepasst wurden. In diesem Rahmen erfolgten baubegleitende Drohnenvermessungen, um die Geländegestaltung und somit auch die übertägigen Abflüsse und Einleitungen in die Vorfluter zu optimieren. Additiv erfolgten in Absprache mit den zuständigen Fachbehörden, u. a. untere Wasserbehörde, Gewässerunterhaltungsmaßnahmen.

Abschließend wurden südlich des Streckenkreuzes befindliche Stollenabschnitte mit einem hydraulisch abbindenden Baustoff verfüllt, wodurch eine hydraulische Barriere geschaffen und eine mögliche Tagesbruchgefährdung im Bereich des Wohnhauses und der Garage beseitigt wurde.

Zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Artikels erfolgten Restarbeiten, wie z. B. die Verlegung von Pflaster im Einfahrtsbereich, Restverfüllungen und Erdarbeiten. Zeitnah wird von einem erfolgreichen Abschluss der Gesamtbaumaßnahme ausgegangen.

Authors / Autoren
Sebastian Hillinger M.Eng., Dipl.-Geol. Nikolaus Linder,
Fichtner Water & Transportation GmbH, Essen,
Philipp Philipp M.Sc., Bezirksregierung Arnsberg,
Abteilung Bergbau und Energie in NRW, Dortmund