

Planning and excavation of a special-profile, deep-level face start-up road at Prosper-Haniel colliery

The deepening of number 10 shaft and an extensive programme of development work has given Prosper-Haniel colliery access to new reserves of coal on mine level 7, at a depth of 1,159 m. In order to extract the gas outburst-prone Zollverein 1/2 seam in the Prosper North district, where the coal is up to 4.65 m in thickness, it was necessary to purchase a new set of 'category C' shield sup-

ports. This paper, which is based on the author's presentation to the Drilling and Shotfiring Colloquium held at Clausthal University on 24 January 2015, describes the requirements imposed on the face start-up roads, the planning and implementation work and the operational experience acquired in the course of the shotfired drivage phase.

Planung und Auffahrung einer Strebstartstrecke mit Sonderquerschnitt in großer Teufe auf dem Bergwerk Prosper-Haniel

Auf dem Bergwerk Prosper-Haniel wurden mit dem Tieferteufen des Schachtes 10 und einem umfangreichen Aus- und Vorrückungskonzept die Kohlenvorräte im Niveau der 7. Sohle (- 1.159 m NN) erschlossen. Für den geplanten Abbau des gasausbruchgefährdeten Flözes Zollverein 1/2 im Baufeld Prosper Nord mit einer Mächtigkeit von bis zu 4,65 m war die Neubeschaffung eines Schildausbaus der „Gruppe C“ erforderlich. Die daraus resultie-

renden Anforderungen an die zu erstellenden Strebstartstrecken, die planerische Umsetzung und die betrieblichen Erfahrungen bei der Auffahrung mittels Bohr- und Sprengarbeit sind Inhalt dieses Beitrags, der auf dem Vortrag der Verfasser anlässlich des Bohr- und Sprengtechnischen Kolloquiums der TU Clausthal am 24. Januar 2015 basiert.

1. Introduction

In 2009 Prosper-Haniel colliery commenced development work to access new coal deposits in Zollverein 1/2 seam in the Prosper North district. The area in question comprised three panels; 121 panel to the north and the adjoining 123 and 124 panels lying to the south of the take (Figure 1). The working depth of the individual production units varied between 1,200 and 1,250 m.

In order to provide an intake air connection to the proposed Zollverein panels the western main seam road system E550/E551 was driven in a north to south direction from mine level 7 and connected to ventilation borehole number G248, which had been drilled from in-seam roadway E547 in seam horizon H, via the first section of drivage for the southern gate road in panel 124. The air connection via the 149 m-long ventilation borehole was a prerequisite for the simultaneous commencement of three additional development drivages working out from the western main seam road system. In order to create a return air connection the 1,090 m-long rising stone drift D348 was driven up to the Zollverein 1/2 seam horizon from main seam roadway E548 in seam level I.

1. Einleitung

Auf dem Bergwerk Prosper-Haniel wurde im Jahr 2009 mit dem Erschließen der Kohlenvorräte im Baufeld Prosper Nord, Flöz Zollverein 1/2 begonnen. Der Zuschnitt beinhaltet drei Bauhöhen; die Bauhöhe 121 im nördlichen und die benachbarten Bauhöhen 123 und 124 im südlichen Bereich des Baufeldes (Bild 1). Die Teufe der einzelnen Abbaubetriebe bis zur Tagesoberfläche variiert zwischen 1.200 m und 1.250 m.

Für die frischwetterseitige Anbindung der geplanten Zollverein-Bauhöhen wurde aus dem Niveau der 7. Sohle das westliche Basisstreckensystem E550/E551 von Norden nach Süden aufgeföhren und über den ersten Auffahrabschnitt der südlichen Abbaubegleitstrecke der Bauhöhe 124 an das Wetterbohrloch G248, gebohrt aus der Basisstrecke E547 im Flöz-niveau H, angeschlossen. Der wettertechnische Durchschlag über das 149 m lange Wetterbohrloch war Voraussetzung für die Aufnahme weiterer zeitparalleler Vorleistungsprojekte aus dem westlichen Basisstreckensystem heraus. Für die abwetterseitige Anbindung wurde aus der Basisstrecke E548 im Flöz-niveau I der ca. 1.090 m lange

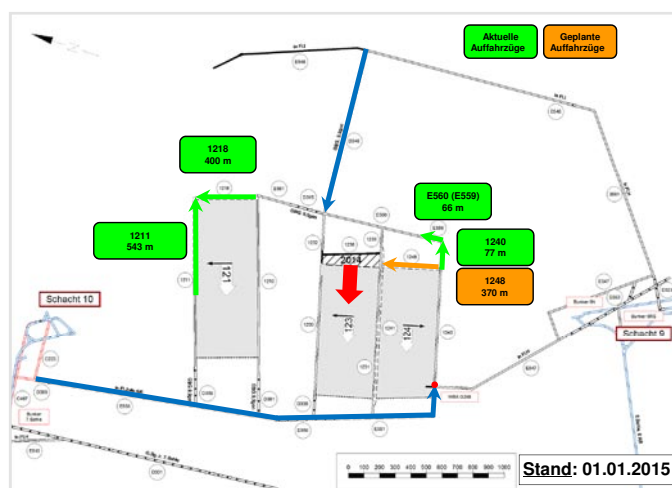


Fig. 1. Layout of Zollverein 1/2 seam, Prosper North district
Bild 1. Zuschnitt des Flözes Zollverein 1/2, Baufeld Prosper Nord

By this time the development work to access the three new panels was very well advanced. After excavating the face start-up road – the theme of this paper – and completing the face equipping work, panel 123 came into operation as scheduled on 3 November 2014. Since then coal production has continued according to plan.

The northern gate road and face start-up road are currently being driven for panel 121, which is due to start production in May 2016 when the face installation has been transferred directly from panel 123. The parallel gate is to be completed in July of this year, while the start-up road is due for completion by September.

In the case of panel 124 work is now underway on the extension of the south gate road, this followed by the drivage of the final section of roadway for the eastern main seam roadway E560 being excavated as a counter-heading (E559). Breakthrough here is scheduled for early April 2014. The last drivage at Prosper-Haniel, which is the face start-up road for panel 124, will commence in August 2016, while production from the last-ever coal panel in Zollverein seam is planned to start in January 2018.

2. Background Parameters

It is first necessary to present the background conditions that had to be taken into account when planning and driving the face start-up road for panel 123:

- 'category C' shield supports
- the drivage system and
- gas drainage holes to be drilled ahead of the drivage line.

2.1 Category C shield supports

An analysis of all the core drillings taken in Prosper North district that were relevant for Zollverein 1/2, taking into consideration the chosen layout of the proposed three coal panels, indicated a seam thickness of up to 4.65 m. This called for the purchase of a new category C shield support system (Figure 2) with an operating range of 2.4 to 5.2 m, as the supports stocked by RAG Deutsche Steinkohle AG for shearer faces were not adequate for the operational demands of longwall working in Zollverein 1/2 seam.

When fully retracted, each shield unit has a diagonal measurement of about 8.6 m when being transported and manoeu-

abwärtsgeneigte Gesteinsberg D348 bis ins Niveau des Flözes Zollverein 1/2 aufgefahren.

Mittlerweile ist die Erschließung der geplanten drei Bauhöhen sehr weit fortgeschritten. Nach Fertigstellung der Strebstartstrecke – das Thema dieses Beitrages – und Beendigung der Herrichtungsarbeiten ist die Bauhöhe 123 wie vorgesehen am 3. November 2014 angelaufen. Der Abbau verläuft derzeit planmäßig.

Für die Bauhöhe 121, deren Abbaubeginn nach erfolgtem Direktumzug aus der Bauhöhe 123 im Mai 2016 starten soll, werden derzeit die nördliche Abbaubegleitstrecke und die Strebstartstrecke aufgefahren. Der Vortrieb der Abbaubegleitstrecke wird im Juli dieses Jahres beendet werden, die Fertigstellung der Strebstartstrecke ist für den Monat September geplant.

Für die Bauhöhe 124 erfolgt aktuell die Weiterauffahrung der südlichen Abbaubegleitstrecke sowie im Anschluss die Auffahrung des letzten Streckenabschnittes der östlichen Basisstrecke E560 im Gegenortbetrieb (E559). Der Durchschlag ist für Anfang April 2014 vorgesehen. Der letzte Vortrieb des Bergwerks Prosper-Haniel, die Auffahrung der Strebstartstrecke für die Bauhöhe 124 startet im August 2016, der Abbaubeginn der letzten Zollverein-Bauhöhe ist für Januar 2018 geplant.

2. Rahmenbedingungen

Zunächst soll auf einige wichtige Rahmenbedingungen eingegangen werden, die bei der Planung und Auffahrung der Strebstartstrecke für die Bauhöhe 123 zu berücksichtigen waren:

- den Schildausbau „Gruppe C“,
- die Vortriebstechnik und
- das Gaserkundungsbohren im Streckenvortrieb.

2.1 Schildausbau „Gruppe C“

Die Auswertung aller im Baufeld Prosper Nord vorhandenen Kernbohrungen mit Aufschlüssen für das Flöz Zollverein 1/2 ergab unter Berücksichtigung des gewählten Zuschnitts der geplanten drei Bauhöhen eine Flözmächtigkeit von bis zu 4,65 m. Dies erforderte die Neubeschaffung eines Schildausbaus der sogenannten „Gruppe C“ (Bild 2) mit einem Verstellbereich von 2,4 m bis 5,2 m, da die bei der RAG Deutsche Steinkohle AG vorhandenen Schildausrüstungen für Walzenbetriebe den betrieblichen Anforderungen für den Abbau im Flöz Zollverein 1/2 nicht genügten.

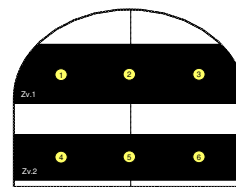


Fig. 2. Category C shield support with travelling way behind the support legs
Bild 2. Schildausbau „Gruppe C“ mit Fahrweg hinter den Stempel

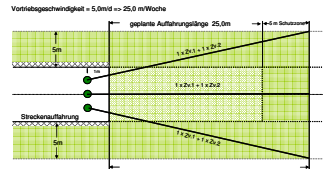


Fig. 3. Roadheading system – standardised shotfired drivage
Bild 3. Vortriebstechnik – standardisierter Sprengvortrieb

Beispiel für einen 6-Loch Fächer - 95 mm



Flöz Zv. 1 und Zv. 2 werden getrennt betrachtet!



Lafettengeführte Bohrmaschine P150/ES



Fig. 4. Gas reconnaissance drilling in drivages
Bild 4. Gaserkundungsbohren im Streckenvortrieb

vred into place. The amount of clearance required in the face start-up road therefore had to be taken into account at the planning stage.

2.2 Roadheading system

The high demands placed on the support system, as based on previous experience when planning and driving roadways in Zollverein 1/2 seam, in conjunction with the available time window for completing the face start-up road for panel 123, called for a high-performance drivage system to be deployed. As all the roadways in Zollverein 1/2 seam had to be excavated by drilling and firing because of the risk of gas outburst, standard shotfired drivage technology had to be selected for this operation (Figure 3): this consisted of a BTRK 2E twin-arm electrohydraulic drill jumbo and a K 313 S side-dump loader, both supplied by Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH, Dortmund, operating in conjunction with a support setting platform.

2.3 Gas exploratory drilling in drivages

Because of the high desorbable gas content all the roadway drivages in Prosper North panel, Zollverein 1/2 seam, present a risk of gas outburst. According to the Gas Outburst Guideline it is essential in such conditions to drill regular gas exploratory holes in accordance with a predefined set of rules, this resulting in substantial additional drilling costs from the outset.

Figure 4 shows the general technique adopted for gas reconnaissance and drainage. This involves drilling a fan pattern of six holes to drain gas from the upper and lower layers. The holes have to be drilled in such a way that whatever the status of the heading face they terminate at least 5 m above the roadhead and at least 5 m above the side-walls. This requires a substantial outlay on drilling measures to prevent gas outbursts. The necessary drilling work was therefore transferred to the week-end so that all the drivage operations could be carried out efficiently and predictably.

The large-diameter in-seam boreholes were drilled using Neuhäuser P150/ES conventional drill-slide machines with rack and pinion feed and compressed-air drive operating in combination with three-wing rotary drill heads.

Das Diagonalmaß einer Schildeinheit beträgt im untersten Verstellbereich in der Transport- und Einschwenksituation rd. 8,6 m. Die daraus resultierenden lichten Maße für die Strebstartstrecke waren bei der Planung zu berücksichtigen.

2.2 Vortriebstechnik

Die hohen Anforderungen an das Ausbausystem, basierend auf den bisherigen Erfahrungen bei der Planung und Auffahrung von Strecken im Flöz Zollverein 1/2, in Verbindung mit dem vorhandenen Zeitfenster zur Erstellung der Strebstartstrecke für die Bauhöhe 123 erforderten den Einsatz einer leistungsfähigen Vortriebstechnik. Da im Flöz Zollverein 1/2 wegen der vorhandenen Gasausbruchgefahr alle Strecken mittels Bohr- und Sprengarbeit aufgeföhren werden müssen, war die Standardausrüstung für einen Sprengvortrieb auszuwählen (Bild 3): der zweiarmige elektrohydraulische Bohrwagen BTRK 2E sowie der Seitenkipplader K 313 S, beide von der Firma Deilmann-Haniel Mining Systems GmbH, Dortmund, in Verbindung mit einer Ausbaubühnentechnik.

2.3 Gaserkundungsbohren im Streckenvortrieb

Auf Grund der hohen desorbierbaren Gasinhalte unterliegen alle Streckenvortriebe im Baufeld Prosper Nord, Flöz Zollverein 1/2, einem Gasausbruchsverdacht. Daher ist gemäß der Gasausbruchsrichtlinie das regelmäßige Erstellen von Gaserkundungsbohrungen nach festgelegten Regularien zwingend erforderlich und führt bereits in der Vorleistung zu einem erheblichen zusätzlichen Bohraufwand.

Die generelle Vorgehensweise bei der Durchführung von Gaserkundungsbohrungen wird in Bild 4 aufgezeigt. Dies beinhaltet das Bohren eines 6er-Fächers zur Entgasung der Ober- und Unterbank. Die Bohrungen sind dabei so herzustellen, dass sie bei jedem Stand der Ortsbrust min. 5 m über diese und min. 5 m über die Stöße hinaus enden. Der Bohraufwand zur Verhinderung von Gasausbrüchen ist also erheblich. Um alle Streckenvortriebe leistungsfähig und planbar zu gestalten, wurden daher die erforderlichen Bohrarbeiten auf die Wochenenden verlegt.

Zum Erstellen der großkalibrigen Bohrlöcher in der Kohle wurden standardmäßig lafettengeführte Bohrmaschinen vom Typ P150/ES der Fa. Neuhäuser mit Zahnstangenvorschub und Druckluftantrieb in Verbindung mit dreiflügeligen Drehbohrköpfen eingesetzt.

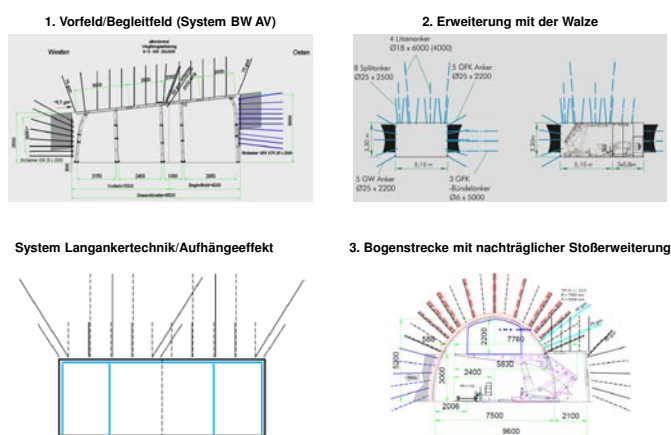


Fig. 5. Face start-up roads – examples of possible support systems
Bild 5. Strebstartstrecken – Beispiele unterschiedlicher ausbautechnischer Varianten

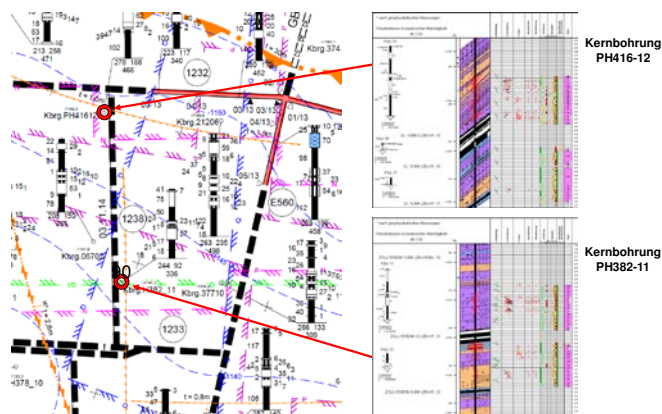


Fig. 6. Face start-up roadway 1238 – location of geotechnical core holes
Bild 6. Strebstartstrecke 1238 – Lage der geotechnischen Kernbohrungen

3. Planning the face start-up road for panel 123

The planning work needed for the ‘face start-up road’ was carried out by a project group comprising engineers and specialists from Prosper-Haniel colliery and RAG Technical and Logistic Services. This team also included a representative from Bochumer Eisenhütte Heintzmann, Bochum, and personnel from the mining contractors Operta-BBM, Mülheim/Ruhr, and Thyssen Schachtbau GmbH, Mülheim/Ruhr.

3.1 Selection of an appropriate support system

Driving face start-up roads to a finished width of 9.5 m for shearer-loader faces is not particularly unusual for RAG Deutsche Steinkohle AG. This meant that because of previous experience in this area a number of potential support systems were available (Figure 5) that could be examined as a preliminary step to determine their general suitability for use in Zollverein 1/2 seam.

Previous experience in driving roadways in Zollverein 1/2 seam has shown that systems comprising rockbolts as the sole means of support are not suitable for the intended purpose. The first planning stage involved a closer examination of the systems that had been employed successfully at Auguste Victoria colliery. These comprised, firstly, a rectangular-profile roadway with reinforcing bolts and advance/parallel drivages and, secondly, the excavation of an arch-profile roadway with type-A combination supports and subsequent profile widening.

Core drillings taken close to the proposed drivage line (Figure 6) were used to develop two geological models so that numerical model calculations could be undertaken with these support systems. The calculations were done by DMT GmbH, Essen. The work of establishing the input parameters and generating model variations was undertaken in close collaboration with KOP-Center (Competence Centre for Roadway Support Planning). As with all roadways previously driven in Zollverein 1/2 seam the support setting interval was specified at 0.6 m. The maximum pressure on drivage, as based on existing rock pressure calculations, was calculated at around 32 Mpa, which is only slightly above the natural depth-related pressure of 30 MPa.

3. Planung der Strebstartstrecke für die BH 123

Für das Planungsprojekt „Strebstartstrecke“ wurde eine Projektgruppe gebildet, bestehend aus den erforderlichen Fachleuten des Bergwerks Prosper-Haniel und des Servicebereichs Technik und Logistikdienste der RAG Aktiengesellschaft. Bei Bedarf wurde dieses Team durch einen Mitarbeiter der Firma Bochumer Eisenhütte Heintzmann, Bochum, sowie Vertretern der bergmännischen Unternehmerfirmen Operta-BBM, Mülheim/Ruhr, und Thyssen Schachtbau GmbH, Mülheim/Ruhr, ergänzt.

3.1 Auswahl eines geeigneten Ausbausystems

Die Auffahrung von Strebstartstrecken mit einer lichten Streckenbreite von bis zu 9,5 m für Gewinnungsbetriebe mit Walzenschrämlader stellen bei der RAG Deutsche Steinkohle AG keine Besonderheit dar. Daher stehen auf Grund der bisherigen Erfahrung einige ausbautechnische Varianten (Bild 5) zur Verfügung, die im ersten Schritt hinsichtlich ihrer generellen Eignung für einen Einsatz im Flöz Zollverein 1/2 überprüft wurden.

Die bisherigen Erfahrungen bei der Auffahrung von Strecken im Flöz Zollverein 1/2 haben gezeigt, dass Ausbausysteme in Verbindung mit Ankertechnik als alleinigem Ausbau für den vorgesehenen Zweck nicht geeignet sind. Für eine genauere Betrachtung kamen im ersten Planungsschritt die auf dem Bergwerk Auguste Victoria erfolgreich eingesetzten Varianten Rechteckstrecke mit Vergütungsankerung und Vorfeld-/Begleitfeld-Auffahrung sowie die Auffahrung einer Bogenstrecke in Kombinationsausbau Typ A und anschließender Stoßerweiterung in Frage.

Auf Basis der in unmittelbarer Nähe der Auffahrtrasse liegenden Kernbohrungen (Bild 6) wurden zwei geologische Modelle für numerische Modellrechnungen mit diesen Ausbausystemen entworfen. Die Rechnungen wurden von der DMT GmbH, Essen, durchgeführt. Die Festlegung der Eingabeparameter und die Variation der Modelle erfolgt dabei in intensiver Zusammenarbeit mit dem Kompetenz-Center für Streckenausbauplanung (KOP-Center) der RAG Aktiengesellschaft. Analog zu allen im Flöz Zollverein 1/2 aufgefahrenen Strecken beträgt der Bauabstand 0,6 m. Gemäß der vorliegenden Gebirgsdruckberechnung war mit einem maximalen Auffahrdruk von ca. 32 MPa zu rechnen, der nur geringfügig über dem anstehenden Teufendruck von 30 MPa liegt.

Rechteckstrecke mit Vergütungsankerung - Bruchzonen

Modell 13 – mit Eindringen in das Liegende — Lösenflächen

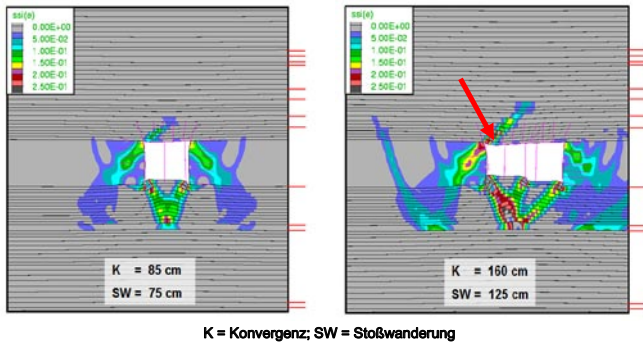


Fig. 7. Results of numerical model calculations for a rectangular-profile roadway with reinforcing bolts (advance/parallel drivage)
Bild 7. Ergebnisse der numerischen Modellrechnung für eine Rechteckstrecke mit Vergütungsankerung (Vorfeld-/Begleitfeldauffahrung)

KombiA-Strecke mit Stoßerweiterung - Bruchzonen

Modell 9 – mit Eindringen in das Liegende — Lösenflächen

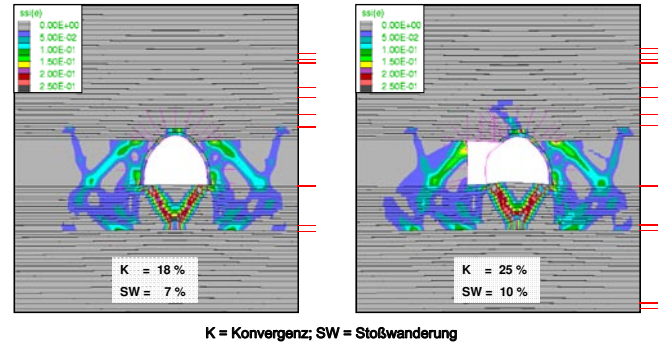


Fig. 8. Results of numeric model calculations for an arch-profile roadway with type-A combination supports and subsequent profile widening
Bild 8. Ergebnisse der numerischen Modellrechnung für eine Bogenstrecke in Kombinationsausbau Typ A und anschließender Stoßerweiterung

A number of model calculations were carried out for the two support variants, i.e. rectangular-profile system with reinforcing bolts and arch-profile roadway with type-A combination supports and profile widening. This included varying certain parameters, for example with/without fault disturbance and with/without floor penetration of the bases of the standing supports. By way of example Figures 7 and 8, which relate to a roadway section in a 4.65 m-thick seam, show the calculation results for both support systems installed in a roadway with a finished width of 9.5 m and a clear height of 4.7 m. With these particular variants there was no cutting into the roof beds around the rectangular-profile supports and, because of the very soft floor conditions, it was also assumed that there would be some penetration at the bases of the supports.

Figure 7 clearly shows that the rectangular-profile version with reinforcing bolts is expected to result in a convergence rate of as much as 1.6 m and side-wall migration of 1.25 m. Pronounced roof subsidence is also identifiable in the advance heading zone. Summary: the system will not collapse but is subject to intense loading of the supports. In view of

- the likely demand for significant dinting work and the resulting need to reset and align the centre support legs (further disintegration of the roof beds following roof damage due to support usage) and
- the free span width without centre legs in the equipping phase when manoeuvring in the support units, and the resulting absence of roof support

the system was classified as generally unsuitable for use in a face start-up roadway in the Zollverein 1/2 seam horizon.

The results of the numeric model calculations for an arch-profile roadway with type-A combination supports and subsequent profile widening (Figure 8) yielded lower forecast values for the expected convergence rates and side-wall migration levels. This system is also much more stable from a support point of view, especially in the area where the drivage is widened in rectangular profile. In view of these results the project team decided to employ the arch-profile system with type-A combination supports and subsequent profile

Für die Ausbauparameter Rechteckstrecke mit Vergütungsankerung und Bogenstrecke in Kombinationsausbau Typ A mit Stoßerweiterung wurden verschiedene Modellrechnungen durchgeführt, wobei einzelne Parameter – z.B. mit/ohne Störungseinfluss bzw. mit/ohne Eindringen der Stempelfüße des Unterstützungsausbaus ins Liegende – variiert wurden. Beispielhaft sind für den Streckenabschnitt mit einer Flözmächtigkeit von 4,65 m in Bild 7 und Bild 8 die jeweiligen Rechenergebnisse für beide Ausbausysteme mit einer lichten Streckenbreite von 9,5 m und einer lichten Streckenhöhe von 4,7 m dargestellt. Die Hangendschichten wurden bei diesen Varianten im Bereich des Rechteckausbaus nicht angeschnitten, auf Grund der sehr weichen Liegendschichten wurde ferner ein Eindringen der Stempelfüße ins Liegende unterstellt.

In Bild 7 ist deutlich zu erkennen, dass bei der Variante Rechteckstrecke mit Vergütungsankerung mit einer Konvergenz von bis zu 1,6 m und einer Stoßwanderung von 1,25 m zu rechnen ist. Im Bereich der Vorfeldauffahrung ist zusätzlich eine deutliche Firstabsenkung zu erkennen. Fazit: Das System kollabiert nicht, ist aber ausbautechnisch stark beansprucht. Im Zusammenhang

- mit dem zu erwartenden hohen Senkaufwand und dem zwangsläufig erforderlichen Umsetzen und Ausrichten der Mittelstempel (weitere Auflockerung der Hangendschichten durch Trampeleffekte) sowie
- den freien Spannweiten ohne Mittelstempel in der Herrichtungphase beim Eindrehen des Schildausbaus und der daraus resultierenden fehlenden Unterstützung der Firstschichten wurde das Ausbausystem für eine Strebstartstrecke im Flözniveau Zollverein 1/2 als weniger geeignet klassifiziert.

Das Ergebnis der numerischen Modellrechnung für eine Bogenstrecke in Kombinationsausbau Typ A mit anschließender Stoßerweiterung (Bild 8) hat als Ergebnis niedrigere Prognosewerte für die zu erwartende Konvergenz und Stoßwanderung ergeben. Des Weiteren ist das System insbesondere im Bereich der rechteckförmigen Stoßerweiterung ausbautechnisch deutlich stabiler. Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse wurde im Projektteam entschieden, das Ausbausystem Bogenstrecke in Kombinationsausbau Typ A mit anschließender Stoßerweiterung als Grundlage

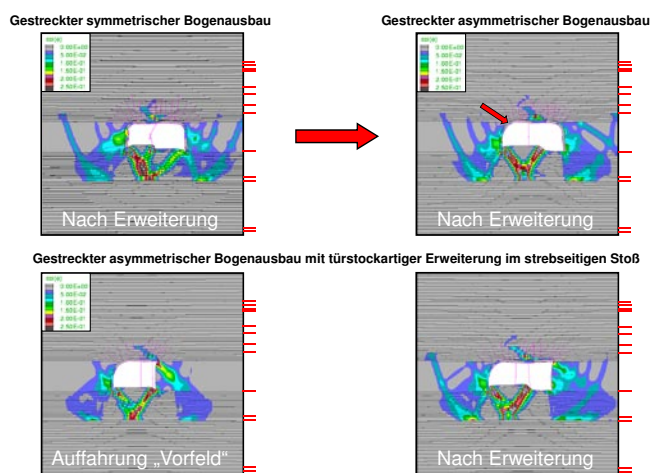


Fig. 9. Individual development phases leading to the final choice of support system

Bild 9. Darstellung einzelner Entwicklungsphasen zum endgültigen Ausbausystem

widening as a basis for the development of a definitive support system for all three face start-up roadways in Zollverein 1/2 seam.

3.2 Development of the permanent support system

In the course of subsequent planning efforts the selected support system was progressively refined in line with requirements. It is not within the bounds of this paper to provide a more detailed description of all the individual stages in this process – which involved a total of 36 numerical calculation models. For this reason only the key development steps – as based on the results of the respective numeric calculation models – are to be described here (Figure 9):

- Due to the procedural aspects involved in excavating a high-performance porch-set profile extension, along with the support weak point arising from the transition from arch to porch-section, the design work focused on the gradual development of an elongated arch system with type-A combination supports.
- In view of the predicted wall migration and the space needed to manoeuvre the shields into place during the equipping phase the finished width of the drivage was increased to 9.9 m.
- It was ultimately decided to use an elongated asymmetrical arch support system with type-A combination supports and with a porch-set extension on the face side, along with centre legs to avoid roof settlement in the drivage phase.

As already stated, the start-up road was to be driven by drilling and firing, which is the method used in all roadways driven in Zollverein 1/2 seam. In order to achieve the required finished width of 9.9 m as the standard section the face start-up road is excavated in two pulls. An advance zone with a finished width of 7.15 m is driven first, this then being widened out to the final heading width of 9.9 m (Figure 10). This profile width is increased to 10.9 m over a length of 20 m for the machine stall at the tail end drive. As is usual for type-A combination supports the two pulls are completed using only roofbolts and tell-tales in the advance zone. Yielding arch supports with backfill are set at a distance of 20 to 30 m.

für die Entwicklung eines endgültigen Ausbausystems für alle drei Strebstartstrecken im Flöz Zollverein 1/2 heranzuziehen.

3.2 Entwicklung des endgültigen Ausbausystems

Im weiteren Verlauf der Planung wurde das gewählte Ausbausystem entsprechend den genannten Anforderungen schrittweise weiterentwickelt. Eine genauere Erläuterung aller Einzelschritte – insgesamt wurden 36 numerische Rechenmodellvarianten erstellt – würde den Rahmen des vorliegenden Beitrags überschreiten. Deshalb werden nachfolgend nur die wichtigsten Entwicklungsschritte – basierend auf den Ergebnissen der jeweiligen numerischen Rechenmodelle – dargestellt (Bild 9):

- Im Zusammenhang mit verfahrenstechnischen Fragen zur leistungsfähigen Auffahrung einer türstockartigen Stoßerweiterung, sowie dem ausbautechnischen Schwachpunkt im Bereich des Übergangs von Bogen- auf Türstockausbau wurde die Ausbauf orm auf Basis eines gestreckten Bogenausbaus in Kombinationsausbau Typ A schrittweise weiterentwickelt.
- Unter Berücksichtigung der prognostizierten Stoßwanderung und des Platzbedarfs beim Eindrehen der Schilde in der Herrichtungsphase wurde die erforderliche lichte Breite in der Auffahrung auf 9,9 m erhöht.
- Endgültige Festlegung auf einen gestreckten asymmetrischen Bogenausbau in Kombinationsausbau Typ A mit türstockartiger Erweiterung im strebseitigen Stoß und Mittelstützen zur Vermeidung einer Firstabsenkung in der Auffahrphase.

Wie bereits erwähnt, wird die Strebstartstrecke analog zu allen Strecken im Flöz Zollverein 1/2 mit Bohr- und Sprengtechnik aufgef ahren. Um die erforderliche lichte Streckenbreite von 9,9 m im Regelquerschnitt zu erreichen, wird die Strebstartstrecke in zwei Auffahrungszügen erstellt. Zunächst wird ein „Vorfeld“ in einer lichten Breite von 7,15 m aufgef ahren und erst anschließend erfolgt die Erweiterung auf die endgültige Aufhauenbreite von 9,9 m (Bild 10). Im Bereich des geplanten Walzenstalls am Hilfsantrieb wird auf einer Länge von ca. 20 m die Aufhauenbreite auf 10,9 m erhöht. Die Herstellung der beiden Auffahrzüge erfolgt, wie beim Kombinationsausbau Typ A üblich, im Vorortbereich mit

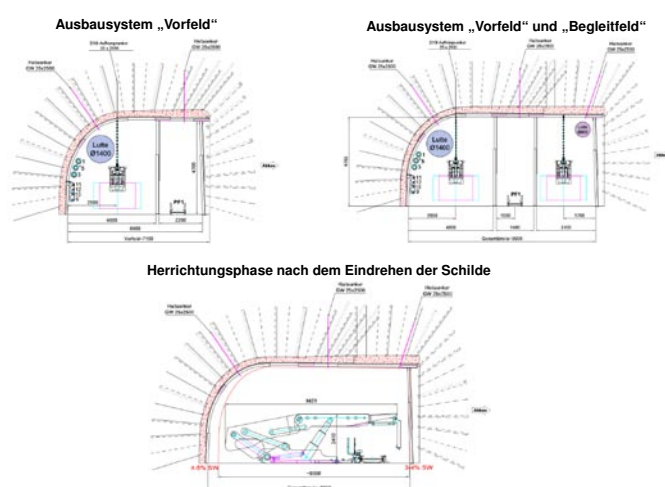


Fig. 10. Final support system with advance zone and parallel zone
Bild 10. Endgültiges Ausbausystem mit Vorfeld und Begleitfeld

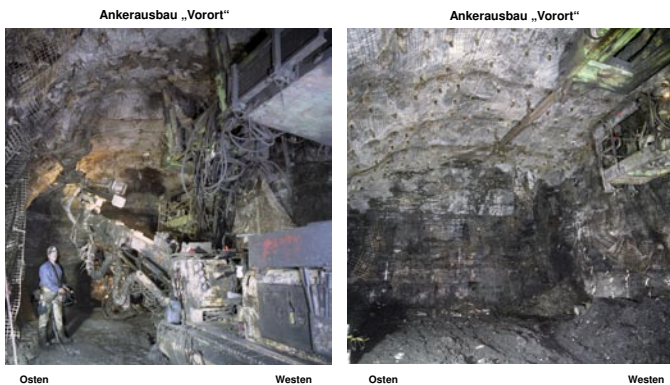


Fig. 11. Advance drive (roadhead bolting with a bolt setting platform and twin-boom drill jumbo)

Bild 11. Vorfeldauffahrung (Vor-Ort-Bereich in reiner Ankertechnik mit Ankerstandbühne und zweiarmigem Bohrwagen)

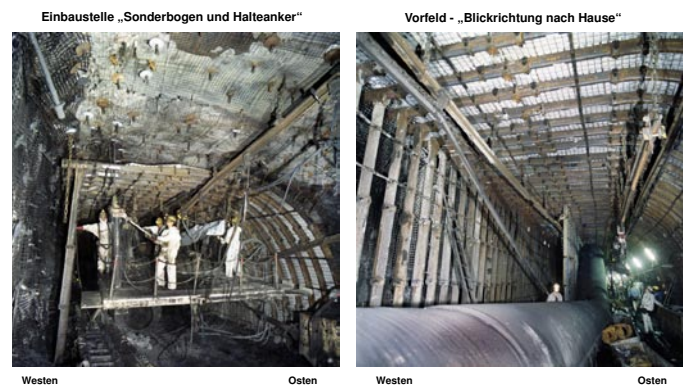


Fig. 12. Advance drive (outbye area with pontoon platform and permanent support system)

Bild 12. Vorfeldauffahrung (rückwärtiger Bereich mit Pontonbühne und endgültigem Ausbau)

The following support systems were specified when planning the face start-up road:

- Systematic rockbolting in the roof and shoulder zones with Hilti OneStep or GW bolts (2.4 m and 2.9 m grouted length) and roll mesh, and coal-face bolting with GW or GRP bolts (2.4 m grout filled with thixotropic resin) with roll mesh or KST mats.
- Support segments: TH arches (40 kg/m), support bases with welded-on base plates, coal face-side TH prop with weld-on top plate.
- Hydraulic material backfill (not on the working face).
- Retaining bolts to provide additional support during the equipping phase when the shield supports are being manoeuvred into place.
- Load-bearing bolts to relieve the supports as the shields are being transported in.

As the drive dimensions of the start-up road and type of support arrangement being employed made the operation something of a pilot project, the construction work undertaken throughout the drive phase was provided with specialist support in the form of personnel from the KOP-Centre working alongside the colliery's rockbolt support engineer. Intensive quality control measures were also put in place, along with operational observations aimed at measuring convergence and wall migration rates. The measurement data from the roadway monitoring process were used to verify the predictions made as part of a target-actual comparison and also provided values for the subsequent calibration of the numerical model for future calculation work.

4. Operational experience during the drive phase

After completion of the planning work, tendering exercise and examination of the bids, the contract for the face start-up road was finally awarded to Thyssen Schachtbau GmbH, Mülheim/Ruhr. Excavation of the preliminary zone (Figures 11 and 12) commenced at the end of August 2013. In order to stabilize the remaining part of the heading face in the parallel section at the roadway entry point this zone was provided with additional rockbolt supports. After some 15 m of drive the operation was interrupted so that the steel supports could be backfilled and retaining bolts installed over a length of about 12 m. The advantage of this was

reinem Ankerausbau und einer messtechnischen Überwachung mittels Tell-Tales. In einem Abstand von 20 – 30 m wird der Gleitbogenausbau mit einer Baustoffhinterfüllung eingebracht.

Folgende Ausbaumittel wurden bei der Planung der Strebstartstrecke eingesetzt:

- Systemankerung im First- und Schulterbereich mit Hilti OneStep- bzw. GW-Ankern (2,4 m bzw. 2,9 m vermörtelte Länge) und Rolldrahtmatte sowie Kohlenstoßankerung mit GW- bzw. GfK-Ankern (2,4 m vermörtelte Länge im Füllmörtelverfahren mit einem thixotropen Ankerharz) mit Rolldraht- bzw. KST-Matte;
- Ausbausegmente: TH-Profil (40 kg/m), Stempelfüße mit angeschweißten Bodenplatten, kohlenstoßseitige TH-Stütze mit angeschweißtem Kopfteil im Kapfenbereich;
- hydraulische Baustoffhinterfüllung (Abbaustöß ohne Hinterfüllung);
- Halteanker als zusätzliche Sicherung für die Herrichtungsphase beim Eindrehen des Schildausbaus;
- Lastanker zur Ausbautentlastung beim Schildtransport.

Da es sich bei der Auffahrung der Strebstartstrecke hinsichtlich ihrer Dimensionen und des gewählten Ausbausystems um eine Strecke mit Pilotcharakter handelte, wurde der gesamte Auffahrung bei der Bauausführung vor Ort durch das KOP-Center gemeinsam mit dem Ankeringenieur des Bergwerks fachlich unterstützt sowie durch qualitätssichernde Maßnahmen und im Rahmen der betrieblichen Streckenbeobachtung – Messung der Konvergenz und Stoßwanderung – sehr intensiv begleitet. Die Messdaten der Streckenbeobachtung dienen zur Verifizierung der Prognosewerte im Rahmen eines Soll-Ist-Vergleichs und der anschließenden Kalibrierung des numerischen Rechenmodells für die weiteren Berechnungen.

4. Betriebliche Erfahrungen bei der Auffahrung

Nach Abschluss der Planungsarbeiten, erfolgter Ausschreibung und Sondierung der Angebote wurde der Auftrag für die Auffahrung der Strebstartstrecke an die Firma Thyssen Schachtbau GmbH, Mülheim/Ruhr, vergeben. Mit der Auffahrung des Vorfeldes (Bilder 11 und 12) wurde Ende August 2013 begonnen. Um den

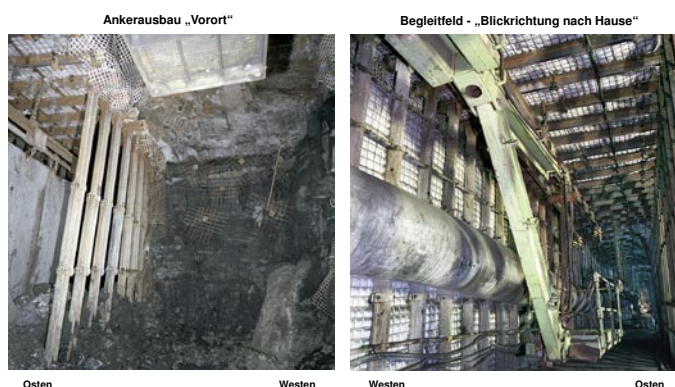


Fig. 13. Parallel drivage (left: roofbolted roadhead with mobile blast curtain; right: outbye area with permanent support system)

Bild 13. Begleitfeldauffahrung (links: Vorort-Bereich in Ankertechnik mit mobilem Sprengschutz; rechts: rückwärtiger Bereich mit endgültigem Ausbau)

that the junction area could be stabilized early in the operation, as the eastern corner wall had a tendency to crumble away.

The two working platforms were assembled beneath the steel supports as the drivage work progressed. After about 20 m of drivage the rockbolting platform was put into service, while the pontoon platform came into operation after about 30 m. The latter is able to undertake work both to the front and to the rear. This made it easy for the team to install the centre props that had to be set behind the heading zone. The fact that the working platform also had to be used as a standing area for the backfilling operation, and for the installation of the retaining bolts and load-bearing bolts, meant a high degree of dependency when it came to the timing of the various operations and this imposed strict requirements on the way in which the working sequence was organized.

After a strata stability assessment had been made by the KOP-Center and colliery bolting engineer it was decided to increase the distance between the roadhead and the backfilled special arch supports to 30 m, which provided for a much better segregation of the different working sequences.

When preparing the parallel drivage zone (Figure 13) a blast protection curtain fabricated from strips of conveyor belting bolted together was set up between the rows of props in order to protect the air duct system and the other roadway fixtures. This blast curtain was suspended from roller carriages and moved to and fro using a shunting trolley running on the overhead monorail that had been installed for use during the advance drivage operation. This installation also featured an assembly and dismantling platform that was connected by coupling rods to the mobile blast curtain.

Excavation of the parallel roadway section commenced after about 150 m of drivage had been completed in the advance zone. Here too, as in the advance drivage, the standing supports were installed as soon as possible. For reasons of stability, and contrary to original planning, the future winning face had to be fully backfilled over a length of about 10 m. When the work began in the parallel section it had also been planned to minimize the dead time for clearing debris and shotfiring fumes from the roadheads by carrying out blasting work simultaneously in both the advance and parallel drivages. However this plan could not be put into operation because of the different excavation profiles and the resulting rockbolting times.



Fig. 14. Face start-up road 1238 – permanent supports in the advance heading and parallel drivage sections

Bild 14. Strebstartstrecke 1238 – Endgültiger Ausbau im Vor- und Begleitfeld

verbleibenden Teil der Ortsbrust des Begleitfeldes am Streckeneingang zu stabilisieren, wurde dieser Bereich mittels Ankertechnik zusätzlich gesichert. Nach etwa 15 m Auffahrung wurden die Vortriebsarbeiten unterbrochen und auf einer Länge von ca. 12 m der Stahlausbau mit Baustoffhinterfüllung und den Halteankern eingebracht. Dies hatte den Vorteil, dass der Abzweigungsbereich frühzeitig ausbautechnisch stabilisiert wurde, denn der östliche Eckstoß neigte zum Nachbrechen.

Parallel zu den weiteren Vortriebsarbeiten konnte unter dem Stahlausbau mit dem Einbau der beiden Arbeitsbühnen begonnen werden. Nach rd. 20 m Auffahrung wurde die Ankerstandbühne und nach ca. 30 m die Pontonbühne in Betrieb genommen. Durch den Einsatz der Pontonbühne ist das Arbeiten sowohl nach vorn als auch nach hinten möglich. Damit war das Stellen der Mittelstützen gewährleistet, die dem Vortrieb folgend eingebracht werden müssen. Die zusätzliche Nutzung der Arbeitsbühne als Standfläche für die Hinterfüllarbeiten und zum Einbringen der Halte- und Lastanker führte zu zeitlichen Abhängigkeiten und stellte somit hohe Anforderungen an die Arbeitsablauforganisation.

Zu einer deutlichen Entzerrung der einzelnen Arbeitsabläufe führte nach Beurteilung der Standfestigkeit des Gebirges durch das KOP-Center und dem Ankeringenieur des Bergwerks eine Erhöhung des Abstands zwischen Ortsbrust und hinterfülltem Sonderbogenausbau auf 30 m.

Bei der Vorbereitung der Begleitfeldauffahrung (Bild 13) wurde zwischen den Stützenreihen ein vorhangartiger Sprengschutz, bestehend aus miteinander verschraubten Gummigurtbahnen, zum Schutz der Luttentour und der restlichen Einbauten montiert. Dieser Sprengschutz wurde an Rollenwagen aufgehängt und war mittels einer Rangierkatze verfahrbar. Der dazu erforderliche EHB-Schienenstrang war bereits mit der Vorfeldauffahrung eingebaut worden. Als weiteres Element war eine Montage-/Demontagebühne über Kuppelstangen mit dem mobilen Sprengschutz verbunden.

Nach Vortrieb von ca. 150 m im Vorfeld begann die Auffahrung des Begleitfeldes. Analog zur Vorgehensweise bei der Vorfeldauffahrung wurde auch hier zeitnah der Stahlausbau eingebracht. Entgegen der ursprünglichen Planung musste aus Stabilitätsgründen der künftige Abbaustoß auf einer Länge von rd. 10 m vollständig hinterfüllt werden. Mit Aufnahme der Vortriebsarbei-



Fig. 15. Face start-up road 1238 – equipping phase (installation of shield line and coal shearer)

Bild 15. Strebstartstrecke 1238 – Herrichtungsphase (Einbau der Schildsäule und des Walzenschrämladers)

As the parallel drivage advanced intensive tectonic activity led to a pronounced slope of more than 1.0 m developing in some sections of the face. It was therefore decided to continue with the backfilling work along the future face line. This backfill was only placed up to about 1.0 m below the roof so that the support elements could easily be withdrawn after the face equipping phase had been completed.

In spite of the many challenges presented by the tectonic situation, the drivage operation generally proved to be relatively free from problems. The planned heading rates were achieved and in early April 2014 the advance drivage broke through to the tail gate. Because of the geological conditions around the tail-gate, and working out from the advance zone, the coal face in the area of the as-yet undriven parallel heading, with its profile widening required for the machine stable, was stabilized as a precautionary measure using an adapted grouting pattern of non-reinforced silicate resin injection holes. The parallel heading was completed two months after the successful breakthrough of the advance roadway.

5. Conclusions and outlook

The meticulous preparations made for the planning and execution of the pilot project 'face start-up road for panel 123' were the key factor for the success of the operation. The asymmetric support system, with the advance heading and parallel heading being driven using type-A combination supports, performed in line with all expectations. The convergence and wall migration rates established by operational measurements taken throughout the course of the drivage work were within the predicted values, and this in spite of the tectonic problems encountered within the drivage profile. Effective measures were also taken to ensure that the equipping phase (Figure 15) run smoothly, with the result that panel 123 was able to start up as planned on 3 November 2014.

In view of the positive experience obtained in panel 123 the same support concept is to be employed, as planned, in the start-up road for coal panel 121. A special feature here will be the high strata pressures of as much as 40 MPa, which can be attributed to the ribsides of old overlying workings. The results of numeric model calculations for face start-up road 1218 indicate that here too, despite the higher loads involved, the support system will be capable of meeting the specified requirements.

ten im Begleitfeld war ferner geplant, durch gleichzeitige Sprengarbeiten im Vor- und Begleitfeld die Verlustzeiten durch Räumen und Auswettern der Örter zu minimieren. Auf Grund der unterschiedlichen Ausbruchsquerschnitte und den daraus resultierenden Ankerzeiten ließ sich dies jedoch nicht umsetzen.

Im weiteren Verlauf der Auffahrung des Begleitfeldes kam es auf Grund intensiver Tektonik zum Ausböschen des Abbaustoßes, z. T. größer 1,0 m. Es wurde daher entschieden, den zukünftigen Abbaustoß weiterhin zu hinterfüllen. Um nach Beendigung der Herrichtungsphase die Ausbausegmente problemlos wieder rauben zu können, wurde die Hinterfüllung nur bis ca. 1,0 m unterhalb der Firste eingebracht.

Trotz der zahlreichen Herausforderungen im Zusammenhang mit der angetroffenen Tektonik verliefen die Vortriebsarbeiten weitestgehend unproblematisch. Die geplanten Leistungsansätze für die Auffahrung wurden erreicht, Anfang April 2014 erfolgte der Durchschlag der Vorfeldauffahrung zur Kopfstrecke. Auf Grund der geologischen Verhältnisse im Bereich der Kopfstrecke wurde ausgehend vom Vorfeld der Kohlenstoß im Bereich des noch aufzufahrenden Begleitfeldes mit der erforderlichen Verbreiterung für den Walzenstall vorbeugend mittels eines angepassten Injektionschemas – nichtarmierte Sicherungsinjektion mit einem Silikatharz – stabilisiert. Die Auffahrung des Begleitfeldes wurde zwei Monate nach dem erfolgten Durchschlag des Vorfeldes beendet.

5. Schlussbemerkung und Ausblick

Die akribische Vorbereitung bei der Planung und Umsetzung des Pilotprojekts „Strebstartstrecke der BH 123“ war eine wesentliche Grundlage für den erzielten Erfolg. Das vorgestellte asymmetrische Ausbausystem mit Vorfeld- und Begleitfeldauffahrung in Kombinationsausbau Typ A hat die Erwartungen voll erfüllt. Die im Rahmen der betrieblichen Streckenbeobachtung während der Auffahrung gemessene Konvergenz und Stoßwanderung lag ungeachtet der im Auffahrquerschnitt angetroffenen Tektonik innerhalb der Prognosewerte. Auch in der Herrichtungsphase (Bild 15) konnte ein reibungsloser Ablauf sichergestellt werden, so dass die BH 123 wie geplant am 3. November 2014 anlaufen konnte.

Auf Grund der positiven Erfahrungen in der Bauhöhe 123 kommt in der Strebstartstrecke für die Bauhöhe 121 wie geplant das gleiche Ausbaukonzept zur Anwendung. Als Besonderheit sind hier hohe Gebirgsdrücke von bis zu 40 MPa zu berücksichtigen, resultierend aus Abbaukanten oberhalb liegender, ehemaliger Abbaubetriebe. Die Ergebnisse der numerischen Modellrechnungen für die Strebstartstrecke 1218 lassen erwarten, dass trotz der höheren Belastungen das Ausbausystem auch hier die gestellten Anforderungen erfüllen wird.

Authors / Autoren

Dipl.-Ing. Ralf Schmidt, Fachingenieur Servicebereich Technik- und Logistikdienste (BT-D) der RAG Aktiengesellschaft, Herne
Dipl.-Ing. Ulrich Barth, Betriebsstellenleiter Prosper-Haniel der Thyssen Schachtbau GmbH, Mülheim/Ruhr