

# Weiterauffahrung des südlichen Füllorts Schacht 10, 7. Sohle auf dem Bergwerk Prosper-Haniel

Dipl.-Ing. Hartmut Schlüter, Bereichsleiter und Dipl.-Ing. Frank Lüttig, vereidigter Sachverständiger Geomechanik, Streckenausbau und Ankerstechnik, Servicebereich Technik und Logistikdienste, RAG Deutsche Steinkohle AG, Herne und Dipl.-Ing. Ulrich Barth, Betriebsstellenleiter Thyssen Schachtbau GmbH, Mülheim an der Ruhr

Bereits im Jahr 2008 wurde unter dem Titel „Innovative Projekte im Ankerbau“ auf dem AIMS-Kolloquium „Ankerbau im Bergbau“ das Ausrichtungskonzept der 7. Sohle (-1 159 m NN) auf dem Bergwerk Prosper-Haniel, Bottrop, erstmalig vorgestellt (1).

Wie schon damals erläutert und auch an dieser Stelle abgedruckt (2), besteht das Konzept aus vier wesentlichen Elementen (Bild 1):

- Einem Förderberg von der 6. zur 7. Sohle (2,5 km).
- Einer flözgeführten Ost-West-ausgerichteten Förderachse (1,9 km).
- Einer Richtstrecke auf der 7. Sohle (0,8 km) mit einem Schachttumtrieb.
- Dem Tieferteufen des Hauptschachts 10 um etwa 270 m mit zwei Anschlägen.

In dem oben genannten Vortrag wurden die Teufarbeiten und das Aussetzen des nördlichen und südlichen Füllorts beschrieben sowie auch die Auffahrung der Richtstrecke C467 durch den Krudenburg-Sprung mittels einer Rohrschirmtechnik auf den Schacht 10 zu (2). Der Inhalt des vorliegenden Beitrags bildet die Fortsetzung und beschreibt die weiteren Ausrichtungsaktivitäten in Schachtnähe auf der 7. Sohle (3).

## Anschluss der Richtstrecke C467 an das nördliche Füllort

Nach der erfolgreichen Durchörterung, des als druckhaft zu bezeichnenden Krudenburg-Sprungs, mit dem Vortrieb der Richtstrecke C467 wurde zunächst als Ausbausystem der baustoffhinterfüllte Gleitbogensausbau mit einer nachträglichen Vergütungsankerung weiter eingesetzt. Zur Erhöhung des Ausbauwiderstands und der Ausbaugüte erfolgte rund 260 m vor dem Durchschlag mit dem nördlichen Füllort die Umstellung auf den Kombinausbau Typ A (Kombi A). Diese Umstellung machte sich betrieblich sehr positiv bemerkbar. Während im Streckenabschnitt mit der Vergütungsankerung Sohlenhebungen von bis zu 1,6 m und Einschübe an den Überlappungen des Gleitbogensausbaus im dm-Bereich auftraten, waren im Abschnitt mit dem Kombiausbau Typ A maximale Sohlenhebungen von 0,9 m und keine Einschübe an den Segmentüberlappungen zu verzeichnen.

Beide Streckenabschnitte (Vergütungsankerung/Kombi A) durchörterten nach dem Krudenburg-Sprung bis zum Schacht 10 die Gesteine der Zollvereinflöze, hier insbesondere die nähere Umgebung des Flözes Zollverein 4. Das Flöz Zollverein 4 lag zunächst mehrere Meter oberhalb des Ankertragrings und trat mit Annäherung des Vortriebs an den Schacht 10 bis in

den Streckenquerschnitt ein. Bei der Flözlage unmittelbar über dem Ankertragrings wurden neben den GW-Ankern des Regelankerschemas (GW 25 x 2 500, 2 400 verklebt) für eine tieferreichende Vergütung 4 m lange Anker vor Ort eingebracht (GW 25 x 4 000, 3 900 vermörtelt). Dadurch konnte auch bei dieser ungünstigen Begleitflözlage das System Kombi A beibehalten werden. Der geankerte Bereich wurde jeweils messtechnisch durch Tell Tales überwacht und zeigte sich stabil.

Wenige Meter vor dem Durchschlag mit dem nördlichen Füllort befand sich der Kernbohraufschluss 568-99 (Bild 2). Er gibt die mit dem Vortrieb angebotene Schichtfolge vor dem Durchschlag mit dem Schacht 10 repräsentativ wider. Die durchgezogene Linie unterhalb von Zollverein 4 entspricht der Niveaulage der 7. Sohle.

Im Sohlenbereich des Streckenquerschnitts werden schwach sandige Schiefer-tonpakete mit einer Mächtigkeit von 1,35 m angetroffen. Darüber folgt schwach sandiger Schiefer-ton (M = 0,4 m), der durch feinkörnigen Sandstein abgelöst wird. Im Hangenden des Sandsteinpakets wird sandiger, teilweise durch-

Während des Tieferteufens des Schachts 10 wurde das Füllort auf der 7. Sohle beidseitig etwa 10 m ausgesetzt. Mit der Auffahrung der Richtstrecke C467 erfolgte im September 2008 der Durchschlag am nördlichen Füllort. Für den Durchschlag wurde im Vorfeld ein numerisches Modell erarbeitet, um den Einfluss der Auffahrung auf die sehr steife Ausbausohle des Füllorts zu beurteilen (stahlfaserarmierter Spritzbeton mit Gittergurträgern und Ankerung). Auf der Basis der Rechenergebnisse und der angetroffenen geologisch/geotechnischen Situation erfolgte eine detaillierte Planung der einzelnen Ausbauschritte, die nachfolgend untertägig erfolgreich umgesetzt wurde. Aufgrund einer weiteren gebirgsmechanischen Detailuntersuchung und den Erfahrungen beim Erstellen des nördlichen Anschlusses wurde für den südlichen Anschluss empfohlen, die Weiterauffahrung vom Schacht 10 aus durchzuführen und nicht nochmals auf den Schacht zuzufahren. Bedingt durch den großen Querschnitt der südlichen Ortsscheibe waren für die Planung der anstehenden Auffahrung Lösungen gefragt, die ansonsten im täglichen Vorleistungsgeschäft nicht anzutreffen sind. Hierbei sind zu nennen:

- Einsatz einer im Stoß verlagerten starren Bühne in etwa 4,5 m Höhe über der Sohlenbühne des südlichen Füllorts.
  - Einsatz eines Bohrwagens auf der Auffahrbühne.
  - Einsatz eines Bobcats als Ladegerät auf der Auffahrbühne.
  - Konzeption einer Auffahr- und Ausbautechnik, die den zu erwartenden Belastungen gewachsen sein muss.
- Über die Planung und die Erfahrung mit diesem Vortrieb wird im vorliegenden Beitrag detailliert berichtet.





Bild 1. Raumbild Bergwerk Prosper-Haniel, Bereich Schacht 10.

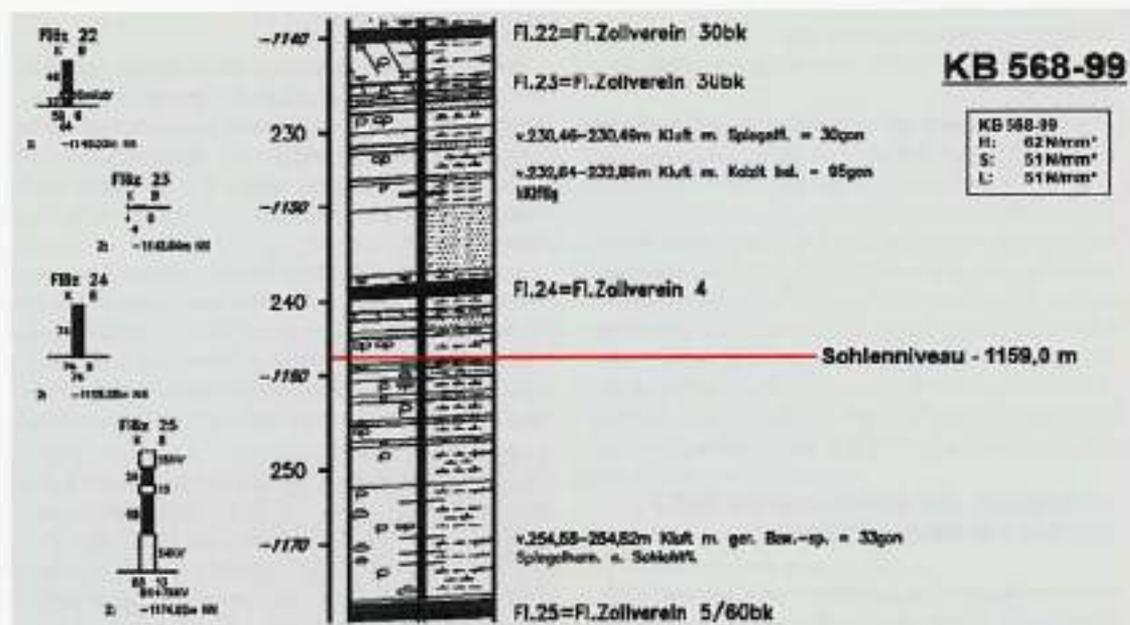


Bild 2. Kernbohrung 568-99 mit Niveau der 7. Sohle, -1159,0 m NN.

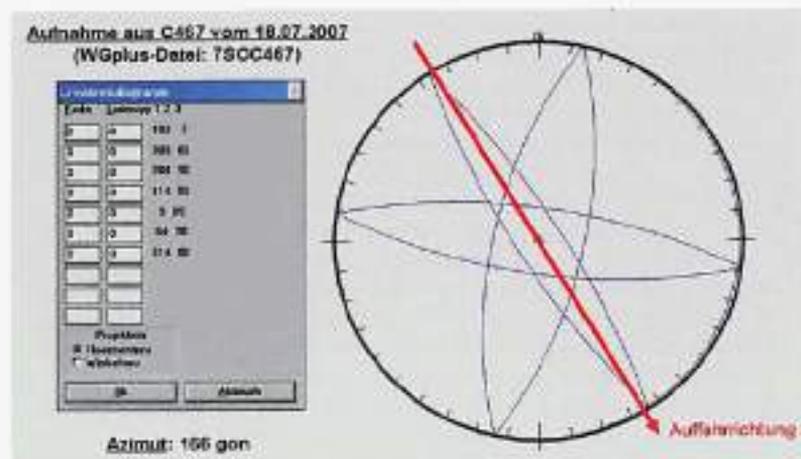
wurzelter Schiefertone angetroffen. Danach wird das Flöz Zollverein 4 mit etwa 0,7 m Mächtigkeit aufgeschlossen. Dieses Flöz befindet sich etwa 3,7 m über der Sohle. Oberhalb des Flözes Zollverein 4 stehen

schwach sandige Schiefertonschichten an, die mit Tfe-Knollen und Pflanzenresten durchsetzt sind. Im Firstbereich wird feinkörniger Sandstein mit einer Mächtigkeit von etwa 4 m angetroffen. Der weitere Hangendbereich besteht aus schwach sandigen bis sandigen Schiefertonschichten, die Zwischenschaltungen von feinkörnigen Sandsteinschichten mit maximal 0,4 m Mächtigkeit aufweisen. Teilweise sind die Schichten klüftig und weisen Spiegelhamische auf den Schichtflächen auf.

Im Liegenden des Streckenquerschnitts treten hauptsächlich stark sandige bis sandstreifige Schiefertonschichten auf, die Pflanzenhäcksel und Pflanzenreste aufweisen.

Die durchgeführte Gebirgsklassifikation als Bestandteil der RAG-Standardplanung ordnet das Gebirge im Durchschlagsbereich in die Klasse II b ein, das heißt nachbrüchiges Gebirge (Definition der Klasse II b: örtliche Gesteinsablösungen und vereinzelte Ausbrüche im dm-Bereich im First- und/oder Zwickelbereich, einzelne Trennflächensysteme erkennbar).

Bild 3. Großkreisdiagramm.



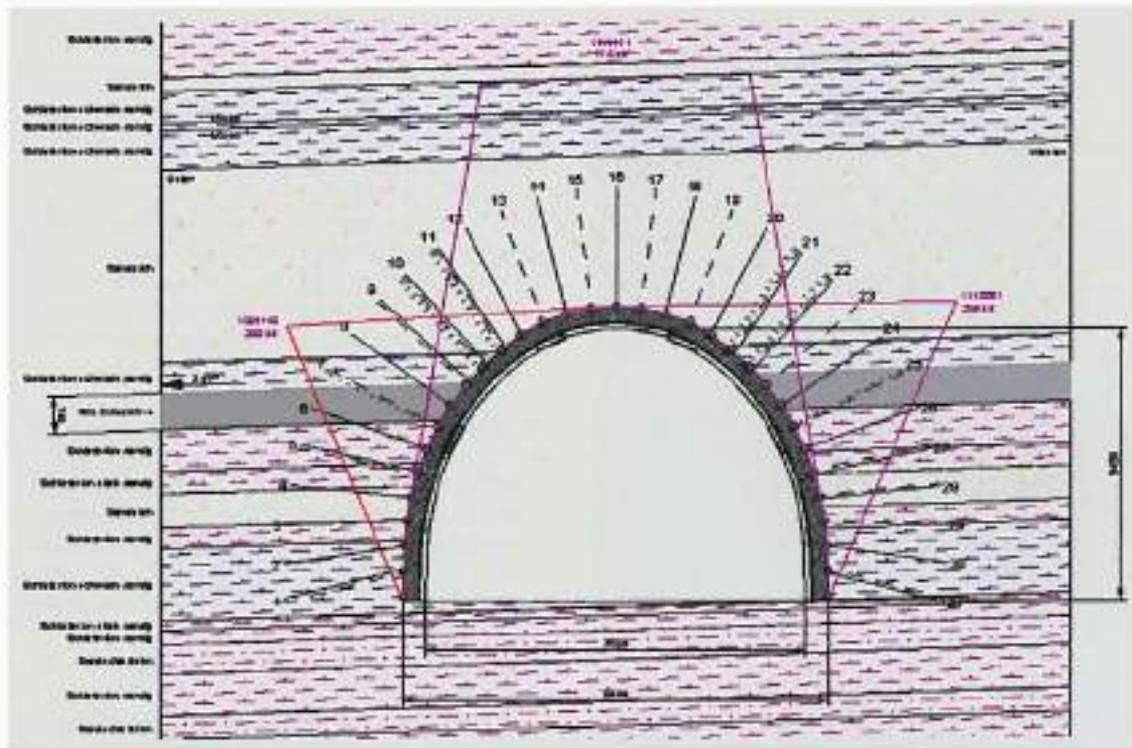


Bild 4. Ankerschema C467 bis 10 m vor Durchschlag am nördlichen Füllort.

Die Dimensionierung des Ankerbaus und Ermittlung der Belastungskörper erfolgte als weiterer Baustein der RAG-Standardplanung auf Basis der geotechnischen Vorortaufnahme, deren Analyse und Bewertung. Das Großkreisdigramm (Bild 3) zeigt die Lage der Klüftsysteme entlang der Auffahrtrasse.

Im Bild 4 ist das angewendete Ankerschema bis 10 m vor dem Durchschlag dargestellt. Zur Einhaltung des Standsicherheitsnachweises für den alleinigen Ankerbau wurden hier insgesamt 31,88 Anker/m benötigt. Die Ankerdichte lag bei 1,97 Anker/m<sup>2</sup>, bezogen auf die Umfangsfläche des Ausbruchquerschnitts von 40,1 m<sup>2</sup>. Der Ankerreihenabstand ( $r$ ) betrug 0,8 m, der Ankerabstand ( $a$ ) in der Reihe 1,0 m. Zwischen den Reihen der Regelankerung wurden 6 Anker/m im Schulter-/Stoßbereich eingebracht. Während der Auffahrung wurden neben der Regelankerung auch weitere, zusätzliche Anker zur Profilstabilisierung vorpfändertartig gesetzt, wobei auf Basis der jeweiligen Vortragsituation ihre Anzahl und Anordnung variiert werden mussten. Die Ortsbrustsicherung erfolgte abschlagsweise ebenfalls durch vollverklebte GW-Anker (mindestens 1,5 Anker/m<sup>2</sup>) und Hakenmatten.

Der lichte Querschnitt des fünfteiligen Bogenausbaus betrug 33,0 m<sup>2</sup>. Der Bauabstand (BA) wurde mit 0,6 m festgelegt und das Einbringen der Baustoffhinterfüllung erfolgte hydromechanisch.

Der Durchschlag mit dem nördlichen Füllort erforderte eine gesonderte Betrachtung, da folgende Fragestellungen zu klären waren:

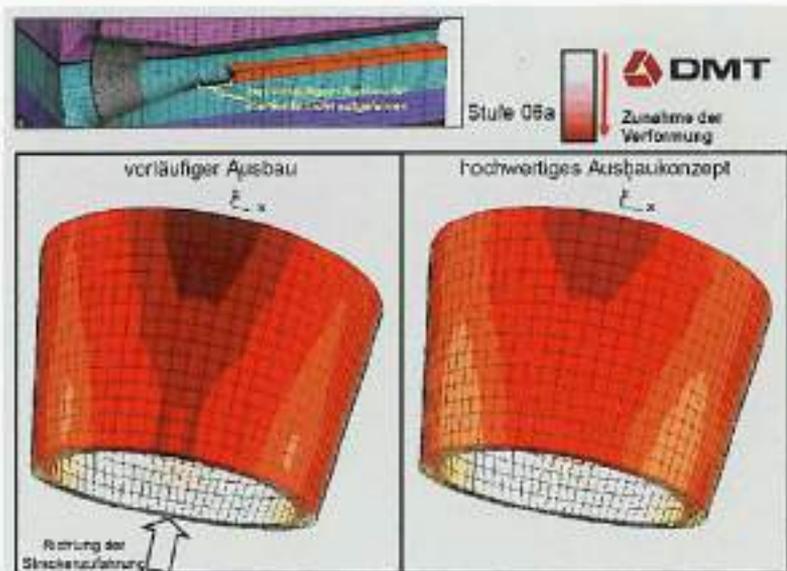
- ➔ Kann der Durchschlag unter Beibehaltung des „normalen“ Ausbruchquerschnitts (vgl. Bild 4) erstellt werden oder ist die Auffahrung mit kleineren Teilquerschnitten notwendig?
- ➔ Welche Sicherungsmaßnahmen sind für die „letzten“ Meter erforderlich?
- ➔ Welches endgültige Ausbausystem ist für den Anschluss an das nördliche Füllort erforderlich?
- ➔ Welche Auswirkungen haben die der Auffahrung vorausgehenden/begleitenden Spannungsumlage-

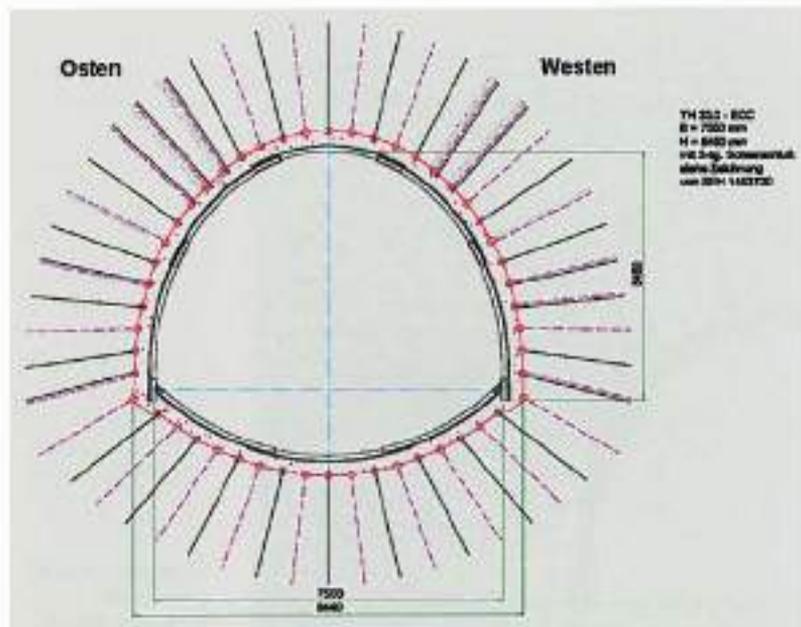
rungen auf den schon bestehenden Füllortabschnitt und den Schachtausbau?

In diesem Zusammenhang wurde die Abteilung Gebirgsbeherrschung der DMT GmbH & Co. KG, Essen, beauftragt, ein numerisches Modell auf Basis der vorhandenen Aufschlüsse unter Beachtung der Ausbaugeschritte und -systeme aufzubauen. Nachfolgend werden die Ergebnisse zusammenfassend dargestellt:

- ➔ Eine Auffahrung mit dem Ausbruchquerschnitt von 40,1 m<sup>2</sup> (33,0 m<sup>2</sup> licht) bis zum Durchschlag, das heißt Fortführung des Regelquerschnitts des Kombi A-Vortriebs, führt zu einer unzulässig hohen Spannungskonzentration in der biegesteifen, stahlfaserarmierten Spritzbetonschale des Füllorts, insbesondere im Übergangsbereich Füllortanfang/Schachtkragen (Bild 5). Gemäß den Rechenergebnissen wären Schäden in der Ausbauschaale aufzutreten, die aufwändige Sanierungsmaßnahmen

Bild 5. Spannungsverteilung von unterschiedlichen Verfahrensweisen beim Durchschlag.



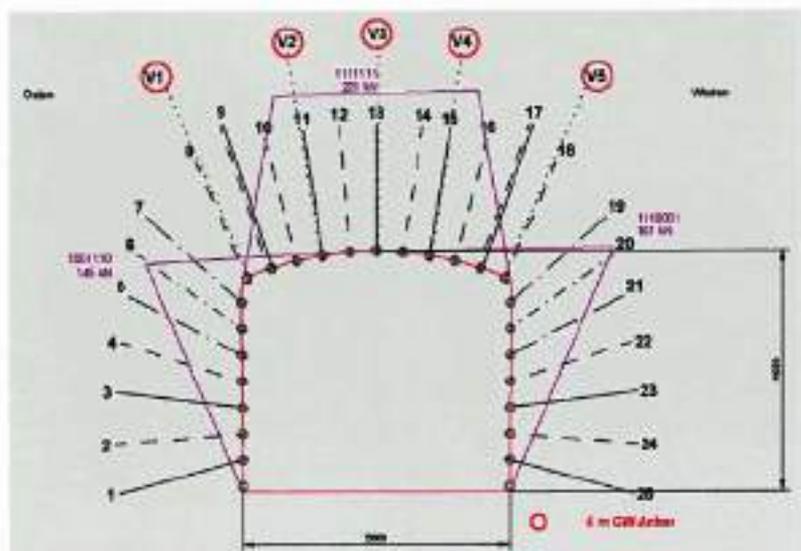


**Bild 6.**  
Geschlossenes  
Ausbausystem  
10 m vor dem  
Durchschlag.

zur Folge gehabt hätten. Ferner wäre es beim Vortrieb wenige Meter vor dem Durchschlag zu „unplanmäßigen“ Instabilitäten an der Ortsbrust gekommen, vorrangig im Flözbereich. Daraufhin wurde diese, auf den ersten Blick „betrieblich einfachste Variante“, verworfen.

- ➔ Bis rund 10 m vor Durchschlag konnte die Auffahrung der Richtstrecke C467 im Kombi A Typ an das nördliche Füllort herangeführt werden ohne eine nennenswerte gegenseitige Einflussnahme: Vortrieb auf den schon bestehenden Füllortabschnitt/Schacht oder umgekehrt. Danach folgten die Einzelschritte „Sicherung der Ortsbrust“, „Vorholen des Bogenausbaus mit der Hinterfüllung bis an die Ortsbrust“, „Ausköffern der Schlie über die letzten 10 m Strecke“, „Einbringen einer Sohlenankerung und anschließender Einbau eines Sohlenschlusses mit einer Baustoffhinterfüllung“ (Bild 6). Diese Verfahrensweise hatte positiven Einfluss auf die Spannungsverteilung (vgl. Bild 5), da sich der Vortrieb von einem geschlossenen Ausbausystem mit hohen Ausbaustützkraften hin auf ein gleichfalls geschlossenes Ausbausystem mit hohen Ausbaustützkraften entwickelte.

**Bild 7.**  
Ankerquerschnitt  
des Pilotstollens  
mit 4 m langen  
Ankern für die  
Sicherung  
der Erweiterung.



- ➔ Der Durchschlag musste wegen der günstigeren Spannungsumlagerung zunächst mit einem Pilotstollen kleineren Querschnitts erstellt werden (Bild 7). Die Sicherung erfolgte mit einer Kombination aus Anspritzten eines sofort tragenden Baustoffs (CM 45W, quick-mix Gruppe GmbH & Co. KG, Osnabrück) und GW-Anker von 2 500 und 4 000 mm Länge. Das anschließende Erweitern auf den endgültigen Querschnitt/Ausbau erfolgte schrittweise mit Spritzbeton und Ankerung, dem Einbau des endgültigen Bogenausbaus und der Sicherung durch vorläufige Sohlenschlüsse in den einzelnen Bauphasen. Das fertige Ausbauschema ist dem Bild 8 zu entnehmen.

Das Bild 5 zeigt die unterschiedliche Spannungsverteilung bei:

- ➔ Annäherung mit dem großen Ausbruchquerschnitt von  $40,1 \text{ m}^2$  der Regelauffahrung ohne Einbringen eines geschlossenen Ausbausystems vor dem Durchschlag (linke Bildhälfte mit vorläufigem Ausbau bezeichnet; im Text zuvor als „betrieblich einfachste Variante“ bezeichnet).
- ➔ Annäherung mit dem kleinen Ausbruchquerschnitt des etwa  $22,2 \text{ m}^2$  großen Pilotstollens mit Einbringen eines geschlossenen Ausbausystems vor Durchschlag und schrittweisem Erweitern auf den endgültigen Ausbauquerschnitt (rechte Bildhälfte als hochwertiges Ausbauskonzept benannt).

Wie zu erkennen ist, ist die Spannungsverteilung beim Annähern an das bestehende Füllort mit dem Regelquerschnitt (linke Bildhälfte) ungleich höher als mit einem kleineren Pilotstollen und anschließender, schrittweiser Erweiterung (rechte Bildhälfte).

Das Bild 6 stellt die fertige Ausbausituation 10 m vor dem Durchschlag – einem geschlossenen Kombi A Ausbau mit Sohlenschluss – dar.

Der erfolgreiche Durchschlag mit dem Pilotstollen auf der nördlichen Seite des Schachts 10 fand Ende September 2008 statt. Mit der beschriebenen, systematischen Vorgehensweise bis hin zur endgültigen und fertigen Bauausführung ist ein hohes Maß an Betriebssicherheit und Stabilität erreicht worden, die auch die Messungen auf der Füllort-/Schachtseite bestätigten. Die Messungen der Werksmarkscheiderlei zeigten, dass hier maximale Bewegungen im mm-Bereich auftraten.

### Anschluss des südlichen Füllorts

Die logistische Nutzung des Schachts 10 nach dem Durchschlag auf der nördlichen Seite erforderte auch die notwendigen Freiräume auf der südlichen Seite des Schachts. Die Planungen variierten dabei von der Herstellung eines rund 12 m langen „Blindorts“ mit einem lichten Querschnitt von „nur“  $33,0 \text{ m}^2$  bis hin zum wettertechnischen Durchschlag mit einer südlich gelegenen Richtstrecke C432 bei vollem Füllortquerschnitt ( $> 100 \text{ m}^2$ ).

Für jede Planung wurde ein numerisches Modell generiert, um die Auswirkungen analog dem nördlichen Anschluss zu beurteilen. Dabei zeigte sich generell, dass eine Auffahrung vom Schacht weg, eine günstigere Spannungsverteilung gegenüber dem Zufahren auf den Schacht zur Folge hat und damit ausbautechnische Vorteile verbunden sind. Anders als auf der nördlichen Seite musste in den Modellen eine geologische Störungssituation berücksichtigt werden, die im Zuge der Teufarbeiten aufgeschlossen wurde (Bild 9).

Auf der Basis des zukünftigen Logistikkonzepts für die 7. Sohle wurde die Lösung „voller Füllortquerschnitt mit wettertechnischem Durchschlag zur Richtstracke C432“ gewählt. Diese Planung sah vor, das südliche Füllort vom Schacht aus mit näherungsweise gleichgroßen Abmaßen wie das nördliche Füllort aufzufahren. Die gesamte Auffahrlänge sollte 24 m betragen, die sich wie folgt aufteilen:

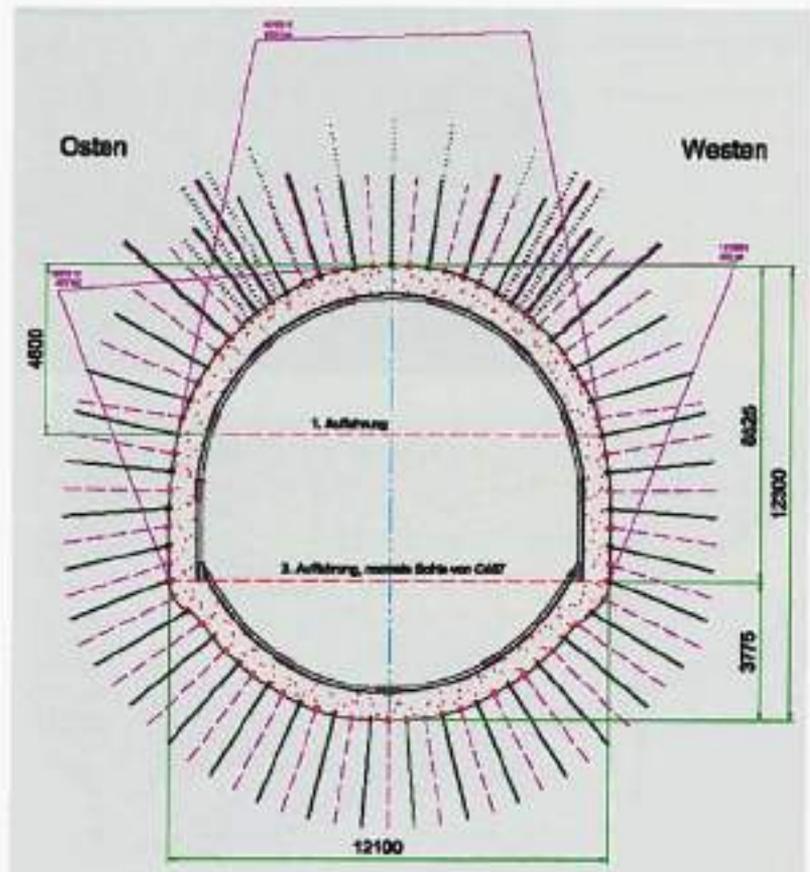
- ➔ Rund 16 m „weiterer Füllortanschluss“ werden direkt vom Schacht aus mit konisch kleiner werdendem Querschnitt erstellt.
- ➔ Etwa 8 m werden mit dem geplanten Querschnitt der durchschlagenden Auffahrung C432 aufgeföhren (35,9 m<sup>2</sup>).

Aufgrund der bis dahin gesammelten Erfahrungen und Kenntnisse wurde schnell deutlich, dass bei der Logistiklösung „großer Querschnitt“ auf der südlichen Seite trotz günstigerer Spannungsverteilung eine detailliertere Kenntnis der zu erwartenden geologisch/tektonischen Bedingungen zwingend notwendig war, um

- ➔ die Verfahrenstechnik operativ festzulegen und
- ➔ den endgültigen Ausbau dauerstandsicher planen zu können.

Neben den bekannten geologisch/geotechnischen Aufschlüssen, die beim Tieferteufen des Schachts und am nördlichen Füllort aufgenommen wurden, wurden zusätzlich fünf Kernbohrungen vor Aufnahme der Vortriebsarbeiten durchgeführt (drei in Auffahrung, zwei in die Füllortsohle). Die Anordnung aller Erkundungsbohrungen auf der südlichen Seite ist im Bild 10 zu sehen.

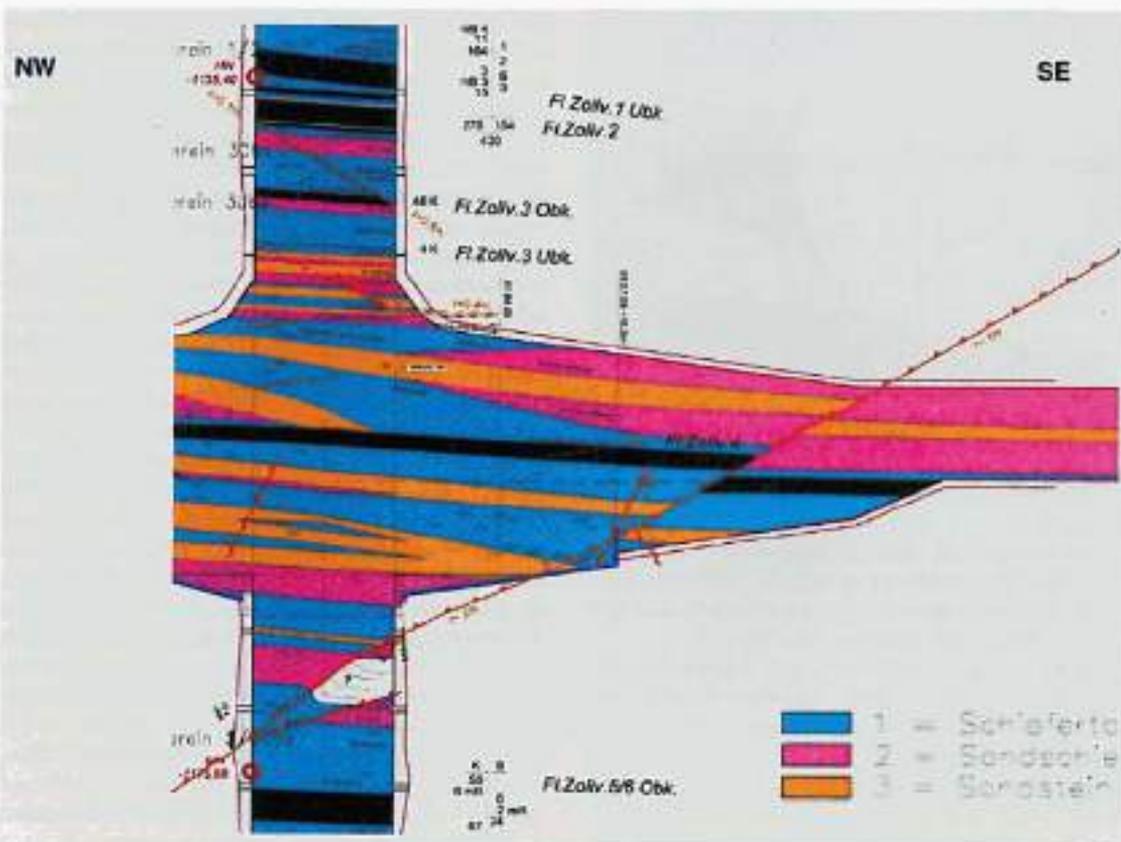
Auf der Grundlage aller Aufschlüsse wurde ein geologisches Modell für die Dateneingabe in die Numerik erstellt. Ein Teil des geologischen Modells (Schichtenaufbau und Störungsverläufe) ist dem Bild 11 zu entnehmen.



Unter Berücksichtigung der Rechenergebnisse wurde:

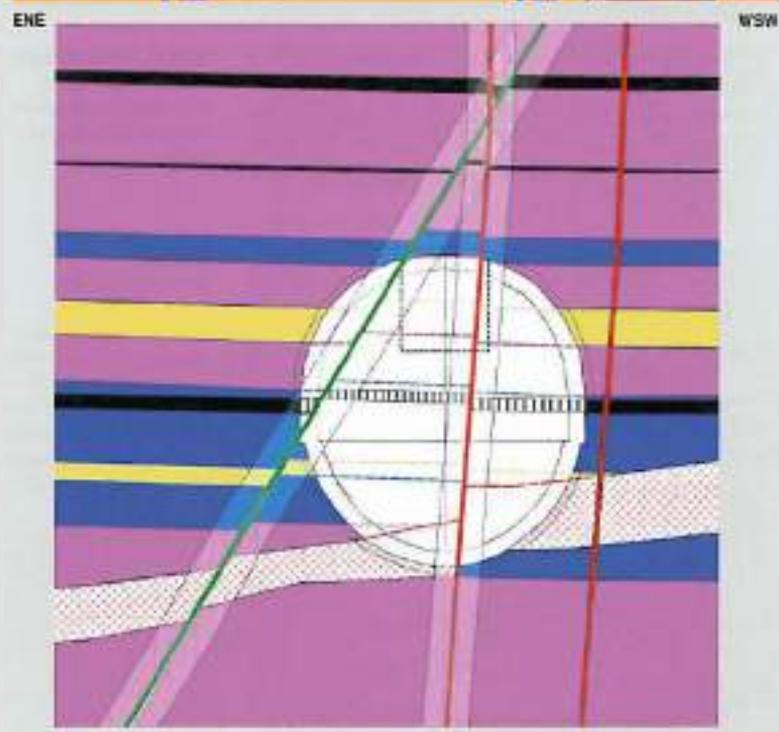
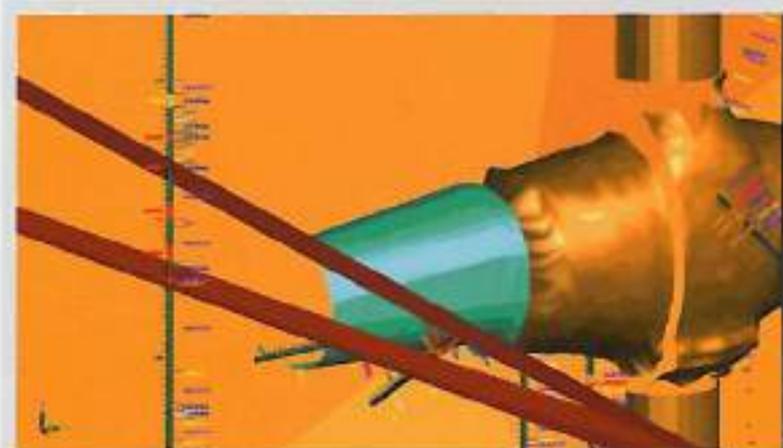
- ➔ die operative Verfahrenstechnik wie beim nördlichen Durchschlag mit der Erstellung von Teilquerschnitten bis zum endgültigen Nutzquerschnitt festgelegt (Bild 12) und

**Bild 8.** Endgültiges Ausbauschema für den Anschluss an das nördliche Füllort.



**Bild 9.** Stratigraphie und Störungsaufnahme beim Abteufen.

**Bild 10.** Gescannter Füllortquerschnitt mit Lage der Kernbohrungen.



**Bild 11.** Geologisches Modell in räumlicher Darstellung und Querschnitt.

→ der endgültige, dauerstandsichere Ausbau als Kombination austragenden Baustoffschalen unterschiedlicher Dicke, einer Systemankerung und dem Unterstützungsausbau geplant (Bild 13).

Analog zum nördlichen Anschluss erfolgte das schrittweise Erweitern mittels soforttragendem Spritzbeton und einer Systemankerung. Die messtechnische Überwachung beinhaltete den Einsatz von Tell Tales, die Durchführung von Konvergenzmessungen und die Beobachtung der Betonschalen auf Rissbildungen. Zum Zeitpunkt der Beitragserstellung befanden sich

die Vortriebsarbeiten an der Erweiterung des Teilquerschnittes Ic (vgl. Bild 12).

### Vortriebskonzept des südlichen Füllorts

Wie in den vorausgehenden Erläuterungen dargestellt, entschied man sich, das südliche Füllort von Schacht 10 aus nach Süden aufzufahren. Der Querschnitt soll von dem anstehenden Ortsstand aus auf einer Länge von 16 m von etwa 100 m<sup>2</sup> auf 60 m<sup>2</sup> (mit Sohlenschluss) einseitig verjüngt werden. Die folgenden 8 m Auffahrung werden bis zur geplanten Kurve der Infrastrukturstrecke C432 mit einem Querschnitt von 35,9 m<sup>2</sup> ohne Sohlenschluss aufgeföhrt.

Die Planung sieht vor, das Neumaterial nach Norden einem circa 300 m langen Materialbahnhof zuzuföhren. Das anfallende Rücklaufmaterial soll östlich an Schacht 10 vorbei geföhrt werden und dann mit einer Schiebebühne und einem hydraulischen Aufschieber auf den dreietagigen Korb aufgeschoben werden. Mit diesem Föhrsystem werden zukünftig bis zu 75 TE/d Neumaterial den Betriebspunkten auf der 7. Sohle zugeföhrt werden. Der Umfang des Rücklaufmaterials wird bei rund 70 TE/d liegen.

Die Föhrtung der Mitarbeiter aus den beziehungsweise in die Betriebe wird nur über das südliche Füllort in die Strecke C432 erfolgen, damit der Materialumschlag im geplanten Materialbahnhof ungestört von fahrenden Mitarbeitern bleibt. Das Bild 14 zeigt die geplante Föhrsituation am Schacht 10 auf der 7. Sohle nach der Montage der endgültigen Maschinenteknik.

### Planung der Auffahrbühne

Nach den guten Erfahrungen mit der Aufföhrtung des nördlichen Füllorts wurde für die Aufföhrtung des südlichen Füllorts ein ähnliches Vortriebskonzept favorisiert. Dies bedeutete für die weiteren Planungen die Vorgabe, die Aufföhrtung in drei Scheiben durchzuführen. Begonnen werden sollte mit der Aufföhrtung einer Pilotstrecke in der Firne der geplanten Strecke. Der endgültige Ausbau des südlichen Füllorts wurde analog zum Ausbau der Aufföhrtung des nördlichen Füllorts geplant (vgl. Bild 13).

Mit diesen Vorgaben war festgelegt, dass der Ansatzpunkt für die Pilotstrecke der Aufföhrtung in etwa 4 m Höhe oberhalb der Sohlenbühne (-1 159 m NN) zu liegen hatte. Nach Prüfung mehrerer Planungsalternativen wurde festgelegt, vor die geplante erste Streckenscheibe eine im Stoß verlagerte Auffahrbühne auf gesamter Streckenbreite zu montieren. Mit dieser Alternative wurde einerseits eine geringe Beeinträchtigung auf den Schacht 10 erwartet, dessen Betrieb durch die Aufföhrtung nicht gestört werden sollte und andererseits ging man von guten Startbedingungen für die geplante Aufföhrtung aus. Das Bild 15 stellt die anstehende Ortsbrust mit dem geplanten Niveau der Auffahrbühne dar.

An die Auffahrbühne wurden die folgenden Anforderungen gestellt:

- Aufnahme eines Bohrwagens und eines Ladegeräts.
- Einsatz des Bohrwagens in jeder Vortriebsposition auf der Bühne.

- Montage eines sicheren Sprengschutzes für Schacht 10.
- Zusätzliche Aufnahme des bei den ersten Sprengarbeiten anfallenden Haufwerks.
- Effizientes Abfordern des Haufwerks von der Auf-fahrbühne zur Sohlenbühne.
- Transport des benötigten Materials auf die Bühne und Weitertransport nach vor Ort.
- Leichte Führung für die Vortriebsmannschaft auf die Bühne sowie einfacher Transport von Kleinmaterial auf die Bühne.

In Zusammenarbeit mit der Maschinenfabrik Hese GmbH, Gelsenkirchen, wurde der im Bild 16 dargestellte Entwurf einer Auffahrbühne nach dem Anforderungskatalog konzipiert.

### Detailplanung des Auffahrkonzepts

Als Ankerbohr- und Vortriebsbohrwagen wurde der Bohrwagentyp BTRL 1 der deilmann-haniel mining system GmbH (heute: dh mining system GmbH), Dortmund, ausgewählt (Bild 17). Ausschlaggebend für die Wahl dieses Bohrwagens war das Gesamtgewicht von nur etwa 12 t. Als Lafette wird eine Prismentele-skoplafette vom Typ PST 286 VS eingesetzt. Dieser Lafettentyp eignet sich für Verlängerungsbohrarbeiten. Hierbei wird berücksichtigt, dass etwa 90 % der einzubringenden Anker 4,0 m lang sein werden.

Da aufgrund der Länge des Bohrwagens ein Rangieren auf der Bühne unmöglich erschien, wurde für den Bohrwagen auf der Bühne eine mit Hubzügen verfahrbare Verschiebebahn geplant. Zum besseren Gleiten der Verschiebeeinrichtung auf der Auffahrbühne werden Stahlplatten im Verschiebebereich auf der Bühne vorgesehen. Der Bohrwagen soll, zum Beispiel bei der Sprengarbeit, seitlich aus dem Gefahrenbereich verschoben werden. Muss der Bohrwagen in Vortriebsrichtung verfahren werden, so kann er von der Verschiebeeinrichtung problemlos herunterfahren. Das Bild 18 stellt die geplante Verschiebeeinrichtung auf der Auffahrbühne dar. Das Bild zeigt zudem einen Ladetrichter für die Übergabe des Haufwerks von der Auffahr- zur Sohlenbühne. Als Besonderheit ist hier zu erwähnen, dass der Ladetrichter auf der Bühne mit geringem Aufwand umgesetzt werden kann. So wurde planungstechnisch auf die Notwendigkeit reagiert, von der Auffahrbühne drei Auffahrungen mit unterschiedlichen Ansatzpunkten auf der Bühne durchführen zu müssen. Auf der Bühne ist der Ladetrichter mit einem Gitterblech versehen, sodass keine Gefahr eines Absturzes von Mitarbeitern auf die Sohlenbühne besteht.

Als Ladegerät wurde wegen seines geringen Gewichts von nur etwa 3,5 t ein Lader der Marke Bobcat gewählt. Durch das geringe Gewicht – vergleichbare Ladegeräte mit Kettenfahrwerken wiegen zwischen 7 und 9 t – wird die Auffahrbühne durch den Bobcat nur geringfügig belastet. Zudem zeichnete sich dieses Ladegerät bei den bisherigen Einsätzen unter Tage durch seine Wendigkeit und seine vielfachen Einsatzmöglichkeiten aus. Ein Rangieren mit einem Kettenfahrzeug auf der Bühne wäre unmöglich gewesen.

Da der letzte Einsatz eines Bobcats im deutschen Seinkohlenbergbau schon einige Jahre zurückliegt, wurde er an den neuesten Stand der Technik angepasst. In Zusammenarbeit des Elektrobetriebs und dem

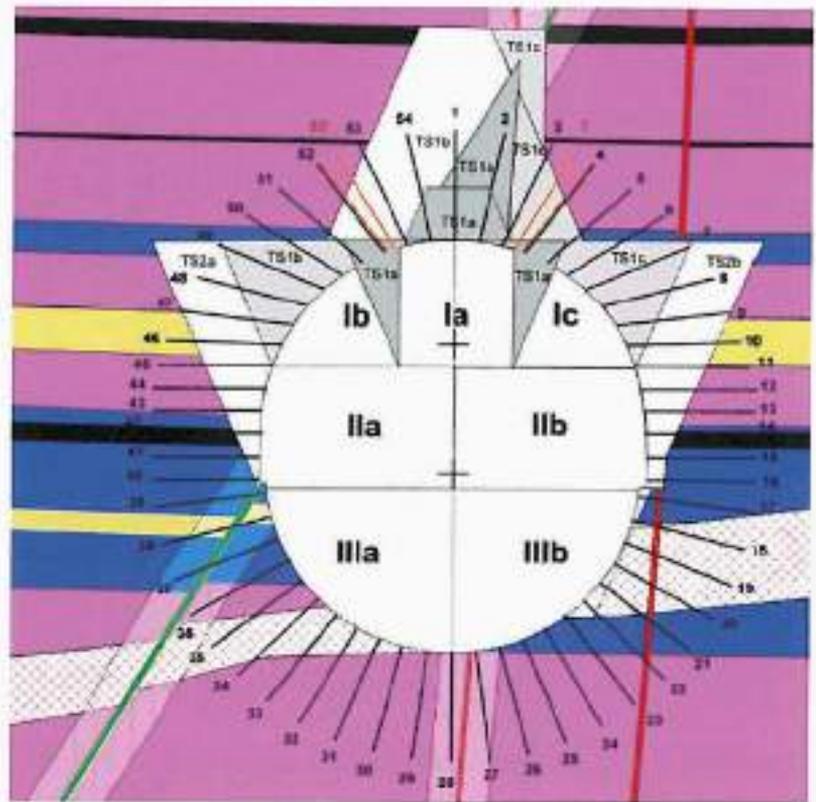


Bild 12. Erstellung des Füllorts in Teilquerschnitten.

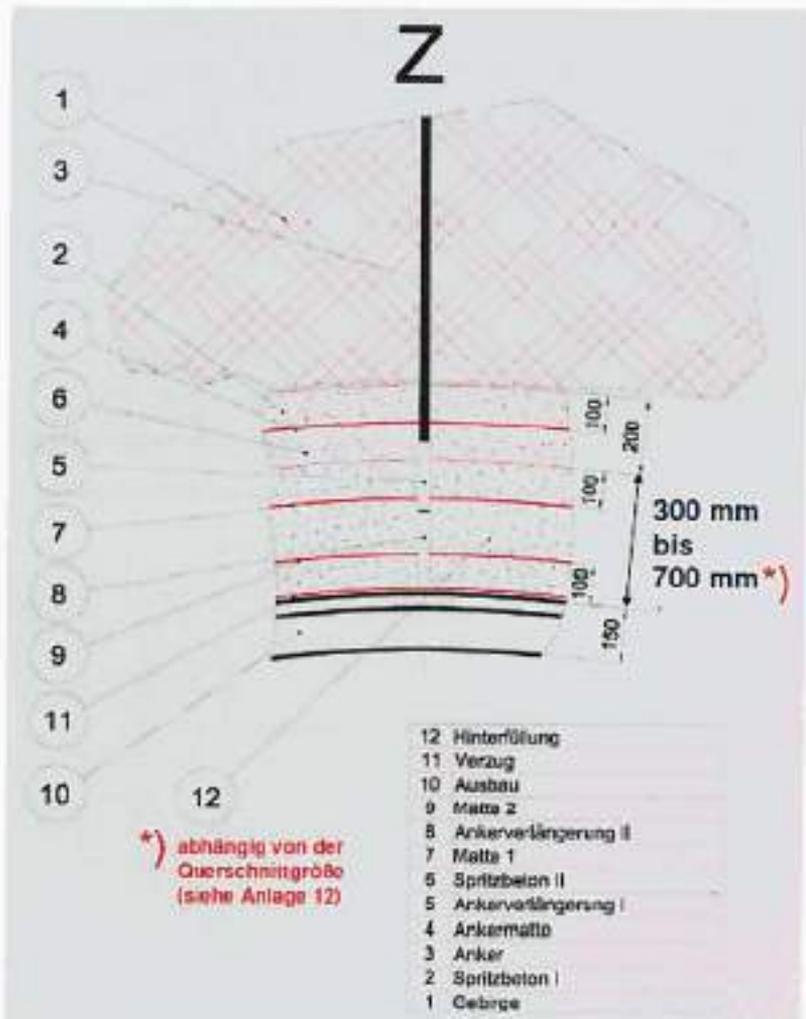


Bild 13. Teilausschnitt des Ausbauprofils.

Bild 14. Geplante Endausbausituation Füllort 7. Sohle Schacht 10.

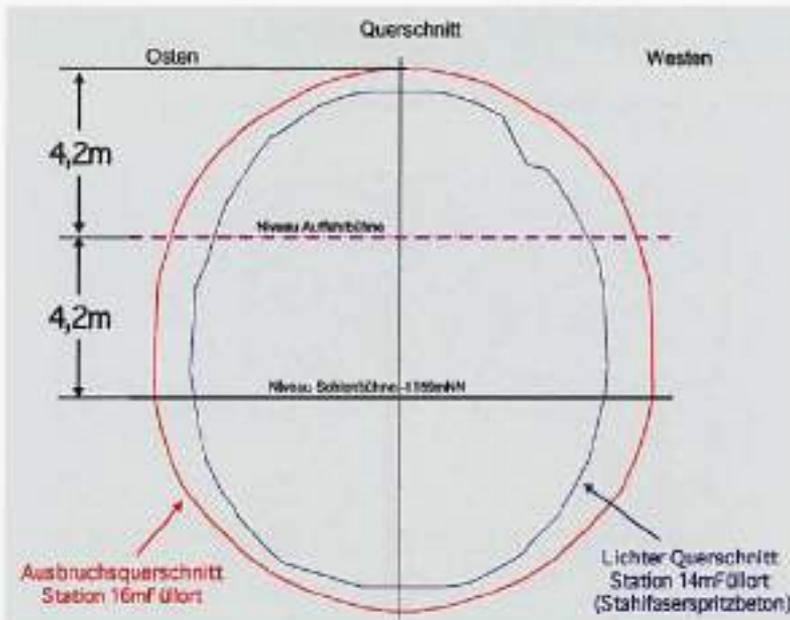
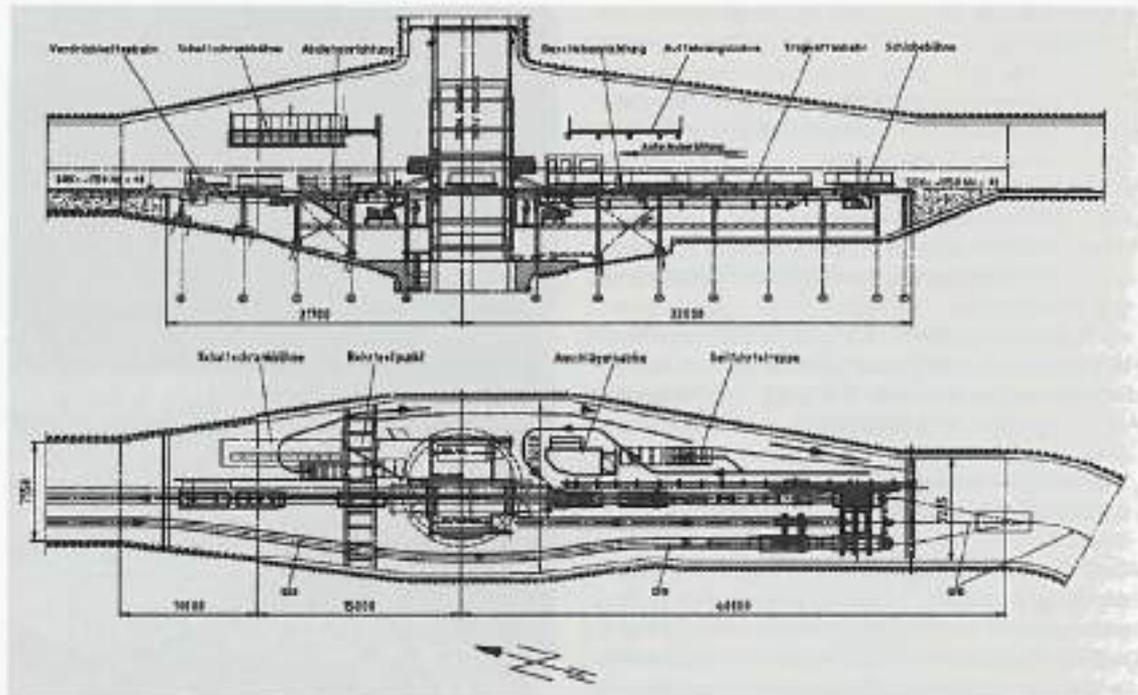


Bild 15. Querschnitt der anstehenden Ortsbrust des südlichen Füllorts.

Werkssachverständigen des Bergwerks mit Thyssen Schachtbau wurden vor allem die Sicherheitseinrichtungen für den untertägigen Einsatz verbessert.

Nachdem mit der Auswahl der Vortriebsgerätschaften ein Teil der Bühnenbelastung feststand, war als weitere Belastung für die Bühne das zu Beginn der Vortriebsarbeiten bei der Sprengarbeit anfallende Haufwerk zu berücksichtigen. In Zusammenarbeit mit der Sprengsachverständigenstelle entschied man sich für einen Paralleleinbruch auf Vorbohrlöcher. Mit diesem Einbruch und bei der zu Beginn der Auffahrung geplanten geringen Abschlagslänge von maximal 1 m wurde von einer Belastung von rund 5 t auf dem ersten Bühnenmeter ausgegangen.

Mit der nun vorliegenden Gesamtbelastung konnte die Bühne konstruiert werden. So wurde das erste Drittel der Bühne für eine Belastung von bis zu 30 kN/m<sup>2</sup> ausgelegt. Das zweite Drittel wurde auf 25 und das dritte Drittel auf 20 kN/m<sup>2</sup> ausgelegt. Nach der Fertigstellung des Stahlbaus sollte die Auffahrbohle mit einer doppelten Lage 50er-Schachtbohlen belegt werden. Die Bohlen müssen verschiebesicher auf der Bühne montiert werden.

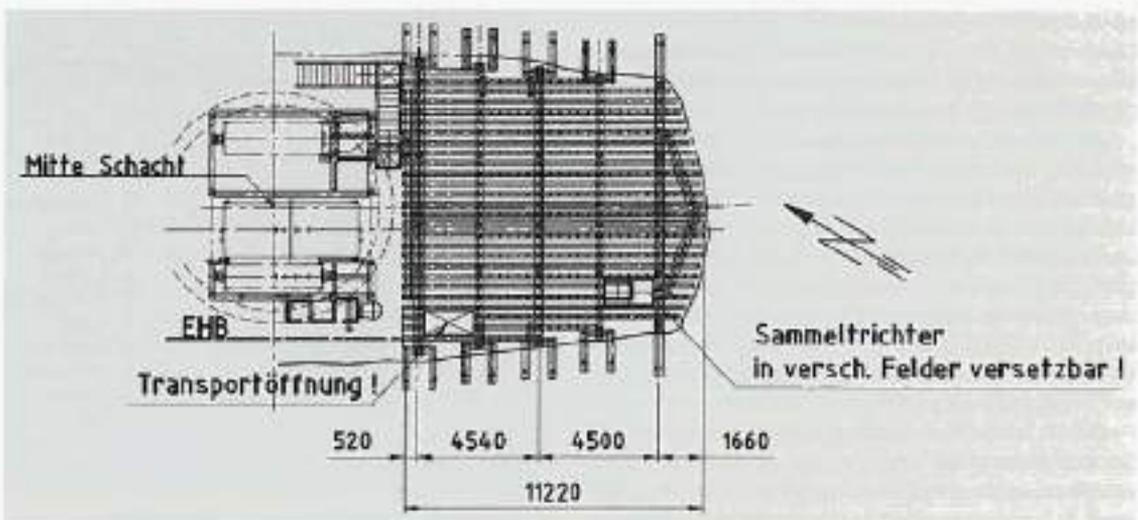


Bild 16. Darstellung der geplanten Aufstiegsbohle.

Die statische Berechnung ergab die Notwendigkeit 240er- und 300er-IPB-Träger einzusetzen. Mittig musste die Auffahrbühne noch zusätzlich durch Träger von der Sohlenbühne aus gestützt werden. Die Längen der Verlagerungsträger im Stoß betragen bis zu 1,6 m. Das Gesamtgewicht der Auffahrbühne beläuft sich auf etwa 45 t.

Nach Beendigung der Auffahrung soll die Bühne weiter genutzt werden. Hier wird zum Beispiel an die Möglichkeit gedacht, Elektroanlagen auf der Bühne zu positionieren.

Als Sprengschutz für den Schachtstuhl Schacht 10 ist eine Kombination von 18er-Ketten und Schachtbohlen am Ende der Bühne vorgesehen. Die Ketten werden kreuzweise im Abstand von 0,5 m eingebracht und sollen über Lastanker in der Füllortschale beziehungsweise mit Spannschlössern an den Bühnenträgern befestigt werden. Schachtbohlen werden fest mit dem Kettennetz verbunden, und anschließend werden die Bohlen zusätzlich mit Gummigurtbahnen belegt. Ein weiterer Sprengschutz ist am südlichen Bühnende vorgesehen. Hier sollen miteinander überlappend verbundene Gummigurtbahnen an EHB-Schienen aufgehängt und verschiebbar ausgeführt werden. So kann der Sprengschutz nach Besetzen der Ortsbrust wie ein Vorhang vor die Sprengstelle gezogen werden.

Bei dem gewählten Ausbaufahren (mit Ankerspritzbetonausbau) ist ein leistungsfähiges System zum Auftragen des Spritzbetons einzusetzen. Um die Spritzbetonschale – für nur 1 m Pilotstrecke werden etwa 7,5 t Beton benötigt – leistungsoptimiert erstellen zu können, wird als Spritzmaschine eine elektro-hydraulische Schürenbergmaschine der Clever & Co. Elektro- und Maschinenfabrik GmbH, Essen, vorgesehen. Der Spritzbeton, CM 45 W, soll in 880 kg schweren Big-Bags zur Schürenbergmaschine, direkt nördlich Schacht 10, transportiert werden.

Weiterhin waren der Abtransport des anfallenden Haufwerks sowie die Materialversorgung des Vortriebs zu beplanen. Unter der Auffahrbühne wird auf dem Niveau der Sohlenbühne ein PF 1 Förderer mit Brecher WB 1300 montiert. Die Vortriebsberge werden somit über den schon erwähnten Sammeltrichter von der Auffahrbühne auf die Kehre des PF 1 aufgegeben. Dieser Förderer wird westlich am Schacht vorbei eingebaut. Der PF 1 wird das gelöste Haufwerk auf einen weiteren Förderer übergeben, bevor das Fördergut auf die Hauptbandanlage gelangt.

Zur Materialversorgung des Vortriebs ist über dem PF 1-Förderer ein EHB-Transportstrang mit einer Rangierkatze vorgesehen, so soll das Material bis zu einer Umschlagstelle unterhalb der Auffahrbühne transportiert werden. In der Auffahrbühne ist eine Transportöffnung, sodass das benötigte Material auf die Bühne gehoben werden kann. Der Weitertransport auf der Bühne ist mittels Rangierkatze vorgesehen. Das Bild 19 zeigt eine Übersicht über das geplante Abförder- und Transportsystem.

Für eine einfache Erreichbarkeit der Auffahrbühne der Ortsmannschaft wird ein Treppenaufstieg zur Bühne hin vorgesehen.

### Auffahrung des südlichen Füllorts – Betriebliche Erfahrungen

Die vorangegangenen Ausführungen über das Gesamtvorhaben sowie die Planungsdetails machen recht

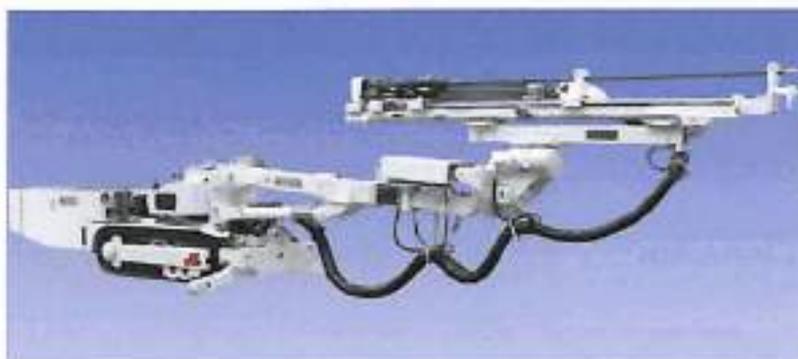


Bild 17. Bohrwagen BTRL 1.

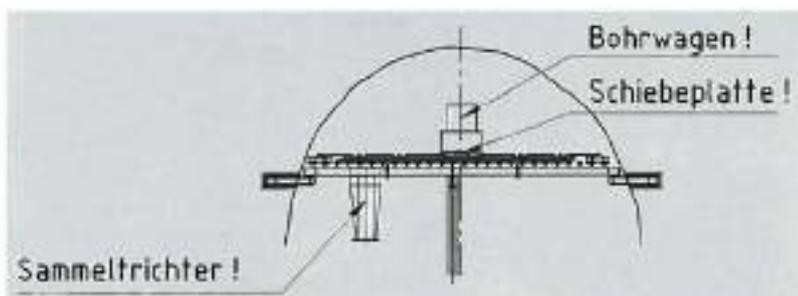


Bild 18. Verschiebeeinrichtung für den Bohrwagen sowie Ladetrichter auf der Bühne.

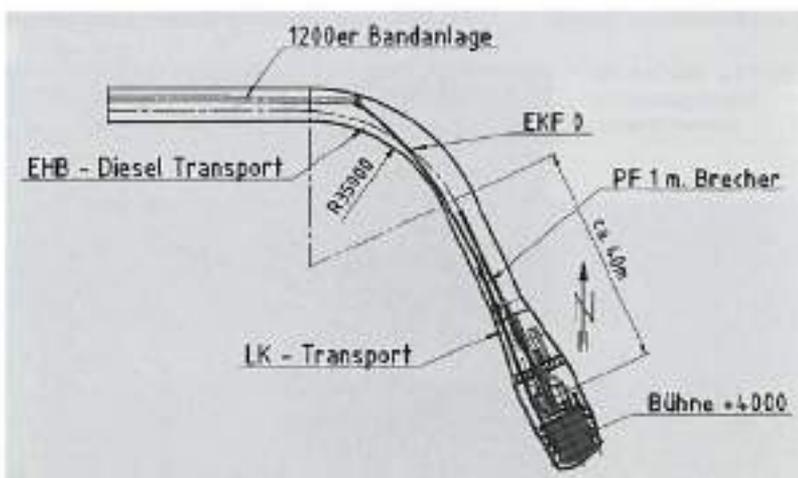


Bild 19. Abförder-/Transportsystem des Vortriebs.

deutlich, dass es sich in dem vorliegenden Projekt um eine nicht alltägliche Arbeit handelt.

Gute Erfahrungen bei ähnlichen Projekten – wie zum Beispiel die Auffahrung eines Füllorts auf der 6. Sohle des Bergwerks Auguste Victoria halfen, die Planungsvorgaben umzusetzen und durch eigene Vorschläge und Verbesserungen die Bauausführung ständig zu optimieren.

Von besonderer Bedeutung waren dabei auch die Erfahrungen bei den zeitnah vorangegangenen Arbeiten zur Herstellung des Durchschlags zum Schacht 10 des Bergwerks Prosper-Haniel und der sich anschließenden Auffahrung des nördlichen Füllorts.

Technologische Einzelheiten bei der Auffahrung wiederholten sich und waren der Mannschaft somit schon bekannt.

Dennoch war jedem Mitarbeiter bewusst, dass die vor ihnen liegenden Arbeiten ein Höchstmaß an Engagement, bergmännischem Geschick und höchste Qualitätsanforderungen an alle Stellen werden.

Im Vergleich zur Auffahrung auf der nördlichen Seite des Füllorts war nun eine wesentlich komplexere Situation vorhanden.

Im Einzelnen sind zu nennen:

- ➔ Parallel zu den Aufrüst- und Vortriebsarbeiten wurde an der technischen Ausstattung (Montage Schwingbühne und Abzieheinrichtung) des nördlichen Füllorts gearbeitet.
- ➔ Die Abspermaßnahmen zum Sprengen sollten den Material- und Seilfahrtsbetrieb zur 6. Sohle nicht

**Bild 20. Betonspritzmaschine im Füllortbereich.**



**Bild 21. Stationäre Sprengwand in Schachtnähe.**



**Bild 22. Mobile Sprengwand geöffnet und geschlossen.**



beeinträchtigen (bei der Sprengarbeit Stillsetzen der Förderung).

- ➔ Während der Vortriebsarbeiten sollte der Anschlag der 7. Sohle zur Seilfahrt und für Materialförderung (Abschiebeseite nach Norden) freigegeben werden.
- ➔ Nach der Freigabe des Anschlags auf der 7. Sohle sollten die Vortriebsarbeiten bei gleichzeitigem Seilfahrtsbetrieb und Materialtransport weitergeführt werden.
- ➔ Die im südlichen Füllort angetroffenen geologischen Störungen werden die bergmännischen Arbeiten zusätzlich beeinflussen.

Im Folgenden wird die Gesamtheit der Aktivitäten in drei Teilbereiche untergliedert und näher beschrieben.

### Montagen und Vorbereitungsarbeiten

Der Aufbau der Fördermittel gestaltete sich unproblematisch. Durch die anfängliche Lage des Ladetrichters war unter der Arbeitsbühne kein weiteres Fördermittel notwendig.

Als Standort für die Betonspritzmaschine wurde der unmittelbare Schachtbereich gewählt (Bild 20). Damit wollten wir kurze Transportwege gewährleisten und andererseits die Länge der Blasleitung so gering wie möglich halten. Ein Standort auf der Arbeitsbühne schied sowohl aus Platzgründen als auch aus transporttechnischen Gründen aus.

Der Materialtransport am Schacht abschiebeseitig war weiterhin gegeben.

Eine weitere wichtige Vorbereitungsarbeit war das Erstellen der Sprengwände. Die stationäre Sprengwand in unmittelbarer Schachtnähe am hinteren Ende der Arbeitsbühne musste so gebaut werden, dass der Schacht und alle Einbauten sicher vor Sprengstücken geschützt werden (Bild 21). Andererseits mussten aber auch genügend Zwischenräume vorhanden sein, um die Druckwelle beim Sprengen ableiten zu können.

Die zweite Sprengwand in unmittelbarer Nähe der Ortsbrust wurde mittels Rollenwagen und Schienensystem beweglich gestaltet (Bild 22). Die Gummibahnen überlappen sich dabei gardinenartig. Diese Bauweise ermöglichte es, den Sprengschutz in kürzester Zeit einsatzbereit zu haben und nach dem Sprengen schnell mit den Ladearbeiten zu beginnen.

Die Vorbereitungsarbeiten zum Einsatz der Bohr- und Ladegeräte waren sehr unterschiedlich. Der Bohrwagen musste zum Transport in die kleinstmögliche Teilung zerlegt werden, um den Transport auf die Bühne möglich zu machen. Montage und Inbetriebnahme waren unkritisch, da die Mannschaft im Umgang mit diesem Gerät vertraut war.

Beid dem schon erwähnten Bobcat war dies nicht der Fall. Keiner der Mitarbeiter hatte Erfahrungen im Umgang mit diesem Ladegerät. Aus diesem Grund wurde eine intensive Produktschulung durchgeführt. Diese Schulung umfasste neben den Themen Sicherheit, Wartung und Technik auch ein Fahrtraining.

Als letzter Teil der vorbereitenden Tätigkeiten wurden die Arbeitsablaufpläne und im Besonderen die Abspermaßnahmen vor den Sprengarbeiten mit der Mannschaft besprochen.

### Vortriebsarbeiten

Am 21. September 2009 erfolgten die ersten Sprengarbeiten in der Pilotstrecke. Bis zu einer Länge von

etwa 8 m wurde in vier Zühdgängen gesprengt. Diese unterteilten sich in:

- Einbruch.
- Erweiterung.
- Unterscheibe.
- Oberscheibe.

Diese Unterteilung war aufgrund der Schachtnähe, der zu erwartenden Druckwelle und begrenzten Belastbarkeit der Bühne notwendig. Als Einbruch wurde ein Paralleleinbruch mit jeweils acht Freibohrlöchern (Durchmesser 100 mm) gebohrt. Die Abschlaglänge betrug anfänglich 0,8 m. Die Sprengarbeiten wurden jeweils nur auf der Nachtschicht durchgeführt, um die Seilfahrt und den Materialtransport so wenig wie möglich zu stören.

Ab einer Auffahrungslänge von 8 m bis zum Ende der Pilotstrecke erfolgte der Vortrieb in zwei Zühdgängen bei einer Abschlaglänge bis zu 1,6 m. Dabei wurde jeweils die Unter- und Oberscheibe an aufeinanderfolgenden Tagen gesprengt, da der Schachtbetrieb nur kleine Zeitfenster zuließ. Das Bild 23 stellt die Pilotstrecke nach der Sprengarbeit der Unterscheibe dar.

Um alle Arbeiten in der Peripherie besser abstimmen und planen zu können, wurden die Belegung und der Arbeitsumfang so eingerichtet, dass sich folgender Rhythmus ergab:

- Unterscheibe sprengen und laden.
- Oberscheibe sprengen und laden.
- Erste Spritzbetonschale aufbringen, Ortsbrüstung einbringen.



Bild 23.  
Pilotstrecke nach dem Sprengen der Unterscheibe.



Bild 24. Bobcat bei der Ladearbeit.

## 100 JAHRE SYSTEMKOMPETENZ

IN DER

- BERGBAUFÖRDERTECHNIK
- SCHÜTTGUTFÖRDERTECHNIK
- FÖRDERBANDTROMMELN



### HESE PRODUKTPROGRAMM

- SCHACHTBESCHICKUNGSANLAGEN
- GURTFÖRDERANLAGEN, TT-ANTRIEBE
- EINZIEHBARE SPURLATTEN
- WAGENUMLÄUFE
- BUNKERABZUGSANLAGEN





Bild 25. Pilotstrecke (Teilquerschnitt Ia) nach Fertigstellung.



Bild 26. Beginn des Teilabschnitts Ib.



Bild 27. Teilabschnitt Ib vor der Fertigstellung.

- ➔ Rolldrahtmatte und Systemankerung einbringen.
- ➔ Zweite Spritzbetonschale aufbringen, Fahrbahnbau.
- ➔ Abschlag abbohren.

Nach einer relativ kurzen Eingewöhnungszeit war das Handling der Fahrer mit dem neuen Ladegerät unproblematisch. Die Zeit für ein Ladespiel lag nach etwa 10 m Auffahrung bei maximal 100 s.

Geplant war der Einsatz des Bobcats ursprünglich nur für den ersten Teil des Pilotstollens, da er aufgrund des geringen Gewichts zum Befahren der Bühne geeignet war. Die sehr guten Erfahrungen und erreichten Ladeleistungen führten schnell zur Änderung des Lade- und Förderkonzepts. Auf den Einbau eines herkömmlichen Laders (zum Beispiel DH 250) in Verbindung mit einem weiteren Zwischenfördermittel in der Pilotstrecke wurde verzichtet.

Selbst am Ende der Pilotstreckenauffahrung lagen die Zeiten für einen Ladevorgang unter 2 Minuten. Anders als bei einem kettengetriebenen Lader war es jedoch notwendig, eine ebene Fahrbahn herzustellen. Dieser Arbeitsvorgang erfolgte jeweils im Anschluss an die Anspritzarbeiten der zweiten Spritzbetonschale. Das Bild 24 stellt den Bobcat bei der Ladearbeit und beim Abkippen des Haufwerks in den Ladetrichter dar.

Die Spritzbetonarbeiten mit der Schürenbergmaschine waren sehr effektiv. Spritzleistungen von 2,5 t/h wurden durchgängig erreicht. Diese Leistung war natürlich nur bei der Anlieferung des Baustoffs in Big-Bags möglich. Mittels Hubzug wurden die etwa 880 kg schweren Big-Bags zur Verarbeitung direkt über der Spritzmaschine aufgehängt (vgl. Bild 20).

Die Überwachung der Auffahrung hinsichtlich Konvergenz erfolgte zweimal wöchentlich durch die Werksmarkscheiderlei. Über gesondert eingebrachte Messanker wurde das Konvergenzverhalten der Firse und der Stöße überwacht. Zusätzlich wurden an den Stationen 2 m, 12 m, 17 m und 22 m Teil Tale-Extensiometer eingebracht. Beide Kontrollsysteme zeigten übereinstimmend keine erhöhten Messwerte gegenüber den Prognosen des numerischen Modells.

Am 20. November 2009 wurde der Pilotstollen fertiggestellt. Neben der Systemankerung (vgl. Bild 7) mit 2,5 m langen GW-Ankern wurden etwa 230 t Baustoff aufgebracht und 190 Stück 4,0 m lange M33-Stahlanker eingebracht. Sowohl für das Bohren der Sprengbohrlöcher als auch für die Ankerarbeit waren der Bohrwagen und die gewählte Lafette bestens geeignet. Das Bild 25 stellt die fertiggestellte Pilotstrecke dar.

Im Zeitraum Dezember 2009 bis Ende Januar 2010 wurde der Abschnitt Ib aufgeföhrt. Die erneut am Schacht beginnende Sprengarbeit für diesen Abschnitt war durch die vorhandene Pilotstrecke unkompliziert. Es war genügend Freiraum für das gesprengte Haufwerk vorhanden. In dieser Phase der Auffahrung hat sich die Verschiebebahn zum Verschieben des Bohrwagens gut bewährt. Für das Verfahren beziehungsweise das Umsetzen des Bohrwagens waren kaum Drehbewegungen auf dem Bohlenbelag der Arbeitsbühne notwendig. Deshalb war auch bis zu diesem Zeitpunkt ein aufwändiges Auswechseln des Bohlenbelags nicht erforderlich. Die positiven Erfahrungen beim Einsatz des Bobcats während der bisherigen Auffahrung führten auch zu der Entscheidung, den Ladetrichter zum Abföhren der Berge

nicht umzusetzen. Durch die große Mobilität dieses Geräts war die Ladearbeit jederzeit leistungsfähig möglich. Neben der Zeit- und Kosteneinsparung für das Umsetzen des Trichters, konnte nun auch das zusätzliche Fördermittel auf der unteren Arbeitsbühne entfallen. Die Bilder 26 und 27 stellen die Auffahrung der Erweiterung Ib dar.

Im Teilabschnitt Ib wurden etwa 150 t Baustoff angespritzt und 210 Stück 4,0 m lange M33-Anker eingebracht. Seit Anfang Februar 2010 befindet sich der Abschnitt Ic in der Auffahrung. Die Fertigstellung erfolgte im März 2010.

### Weitere Planung und Erfahrungen

Nach der Fertigstellung des Abschnitts Ic beginnt in mehreren Schritten das Einbringen und Hinterfüllen des Stahlausbaus für die Abschnitte Ia-c. Nach Abschluss dieser Arbeiten ist die Voraussetzung gegeben, aus der Infrastrukurstrecke C432 den Durchschlag herzustellen und mit der Herstellung der Teilabschnitte II und III zu beginnen.

Nach dem jetzigen Stand der Arbeiten können die Erfahrungen mit dem Auffahrungskonzept wie folgt zusammengefasst werden:

- ➔ Das gewählte Abförder- und Transportsystem war gut geeignet, sowohl den Betriebspunkt mit Material zu versorgen als auch das gelöste Haufwerk abzufördern. Die Personenführung sowie der Materialtransport über den Schacht und Füllortbereich wurden nur unwesentlich beeinträchtigt.
- ➔ Das gewählte Ladegerät war für diesen Einsatzzweck ideal und übertraf in jeder Hinsicht die Erwartungen. Der Bobcat erwies sich als sehr zuverlässig. Bis auf einen Satz neuer Reifen waren keine nennenswerten Reparaturen notwendig.
- ➔ Der Bohrwagen war bezüglich Größe und Leistungsfähigkeit gut geeignet, sowohl Sprengbohr- als auch Ankerbohrlöcher herzustellen. Das Konzept der Verschiebebahn ermöglichte bei den beengten Platzverhältnissen auf der Arbeitsbühne den Bohrwagen optimal zu nutzen. Eine zusätzlich auf dem Bohlenbelag aufgebrachte Stahlplatte verbesserte das Rutschverhalten der Verschiebebahn zusätzlich.
- ➔ Mit der „Schürenberg-Spritzmaschine“ wurden sehr gute Erfahrungen gesammelt. Geringe Ausfall- oder Störzeiten sowie die Leistungsfähigkeit waren überzeugend. Besonders der gleichmäßige Baustoffförderstrom ergab eine gute Qualität des Spritzbetons und wenig Rückprall.
- ➔ Die Konstruktion der Arbeitsbühne hat allen Belastungen standgehalten, an keinem der Träger sind Verformungen zu erkennen. Ein Auswechseln des Bohlenbelags war nicht notwendig.
- ➔ Entgegen der Planung war das Umsetzen des Ladetrichters nicht notwendig. Dadurch konnte auf ein weiteres Zwischenfördermittel verzichtet werden.

Abschließend kann festgestellt werden, dass bis zum jetzigen Stand der Arbeiten die Planungsvorgaben betrieblich umgesetzt wurden.

Die ständige Abstimmung zwischen dem Bergwerk und Thyssen Schachtbau als Auftragnehmer sowie den Fachstellen der RAG und DMT waren im Projektverlauf erfolgreich und werden für die weiteren Arbeitsschritte fortgesetzt.



**Bild 27. Wenig Rückprall beim Aufbringen des Spritzbetons.**

### Quellennachweis

1. Reinwardt, K.-J.; Lüttig, F.: Innovative Projekte im Ankerbau. AIMS-Kolloquium, Aachen, Mai 2008, S. 561-586.
2. Reinwardt, K.-J.; Rosensträter, M.; Enders, G.: Auffahrung der 7. Sohle des Bergwerks Prosper-Haniel durch den Krudenberg-Sprung. Glückauf 145 (2009) Nr. 1/2, S. 36-46.
3. Reinwardt, K.-J.; Lüttig, F.; Barth, U.: Weiterauffahrung des südlichen Füllorts Schacht 10, 7. Sohle auf dem Bergwerk Prosper-Haniel. AIMS-Kolloquium, Aachen, Mai 2010, S. 87-104.

## Das kleine Bergbaulexikon

2 500 Stichwörter, präzise und leicht verständlich definiert, unterstützt von 600 Bildern. Das Lexikon ist für Bergleute und Bergfremde, für Lehrer und Schüler eine reiche Fundgrube.

Seit Erscheinen der ersten Auflage des „Kleinen Bergbaulexikons“ ist das Nachschlagewerk mehrfach aktualisiert, erweitert und im Hinblick auf seine Zielsetzung verbessert worden.

Wegen der ungebrochenen Nachfrage ist diese 9. Auflage als Nachdruck der 8. Auflage erschienen. Dabei wurde die Neuregelung der deutschen Rechtschreibung aus dem Jahr 2006 berücksichtigt.



VGE Verlag  
9. Auflage 2010  
394 Seiten  
mit 600 Abbildungen  
14,8 cm x 21 cm  
39,- EUR  
ISBN 978-3-86797-036-5

Bestellung unter  
[www.vge.de](http://www.vge.de)  
oder: [vertrieb@vge.de](mailto:vertrieb@vge.de)  
Telefon +49 (0) 20 54 / 9 24 - 123  
Telefax +49 (0) 20 54 / 9 24 - 149