

Part-Automation Makes for Greater Production Efficiency

The RAG-managed Prosper-Haniel colliery in Bottrop/Germany, has some very impressive equipment operating on its high-performance coal faces 1,200 m below ground. These underground workings, where miners have been busy digging out the coal, have been the scene of some rapid technological developments over the last five decades. 50 years ago the only way to find out what was going on down there was to travel down in the cage and see things for yourself. However, advances in information technology have brought about a huge change in the operational

processes. This paper will attempt to describe an automation system that RAG Mining Solutions has developed in collaboration with RAG Deutsche Steinkohle with the aim of interlinking the various modules that make up the longwall face installation. This part-automated face installation serves as an effective safety system for the coal winning team and thanks to the computer-supported visualisation of all relevant operating data enables the colliery management to monitor and control the underground operations from a surface command centre.

Teilautomatisierung ermöglicht effizientere Produktionsprozesse

Auf dem Bottroper Bergwerk Prosper-Haniel der RAG Aktiengesellschaft, Essen, entwickelte sich in 1.200 m Tiefe eine leistungsfähige Strebtechnik mit hoch spezialisierten Geräten. Da, wo die Kumpel die Kohle zu Tage bringen, gab es vor allem in den vergangenen fünf Jahrzehnten eine rasante technologische Entwicklung. Vor 50 Jahren konnte man in den Betrieb unter Tage nur hineinschauen, wenn man selbst einfuhr und sich ein eigenes Bild vor Ort machte. Der Fortschritt in der Informationstechnik veränderte die betrieblichen Abläufe. Der folgende Beitrag

befasst sich mit einem Automatisierungssystem, das die RAG Mining Solutions GmbH gemeinsam mit der RAG Deutsche Steinkohle entwickelte, um die im Strebbau beteiligten Module miteinander zu verbinden. Diese Teilautomatisierung im Streb erhöht die Betriebssicherheit und setzt Arbeitsmittel effizient ein. Sie dient als Schutzkonzept für die Gewinnungsmannschaft und Dank der Visualisierung aller relevanter Informationen am Computer lässt sich der Betrieb überwachen sowie optimal steuern.

Prosper-Haniel colliery in Bottrop has a long history behind it and has not only made a significant contribution to the growth and prosperity of the region but has also helped to develop innovative technology for the German coal mining industry.

The beginnings of coal mining in Bottrop can be traced back to the year 1856 with the sinking of Prosper I shaft and the start of regular coal production. It was at this time that members of notable families like the Waldhausens, the Morians, the Hammachers, the Haniels and the Huysens came together to set up the "Arenberg joint-stock company for mining and metallurgical operations". In those days the mineworkers were still using pure muscle power to hew coal from the face (1).

Mechanisation gradually changed the miners' working environment for ever. The very first use of the coal plough in the early 1950s represented an important milestone for the modern coal mining industry and many other successful developments were to follow. In 1996 process computer technology made it possible for the very first time to oversee every aspect of the operations

Das Bergwerk Prosper-Haniel in Bottrop blickt auf eine lange Geschichte zurück, die sich nicht nur durch Wachstum und Wohlstand für die Region auszeichnet, sondern vor allem auch durch technische Innovationen für den deutschen Steinkohlenbergbau.

Die Anfänge des Bergbaus in Bottrop lassen sich in das Jahr 1856 zurückführen, mit dem Abteufen des Schachts Prosper I und der ersten planmäßigen Kohlegewinnung, nachdem sich Mitglieder namhafter Familien wie Waldhausen, Morian, Hammacher, Haniel und Huysen zusammenfanden und die „Arenberg'sche Actien-Gesellschaft für Bergbau und Hüttenbetrieb“ gründeten. Damals brachen die Bergleute noch mühsam mit Muskelkraft die Kohle aus dem Berg (1).

Die Arbeitswelt der Bergleute veränderte sich durch die Mechanisierung nachhaltig. Mit der erstmaligen Einführung eines Kohlehobels Anfang der 1950er Jahre wurde ein wichtiger Meilenstein im modernen Kohleabbau gesetzt. Viele punktuell erfolgreiche Entwicklungen folgten. Erst ab dem Jahr 1996 ermöglichte es die Prozessrechner-technik, auf dem Bergwerk alle Abläufe unter

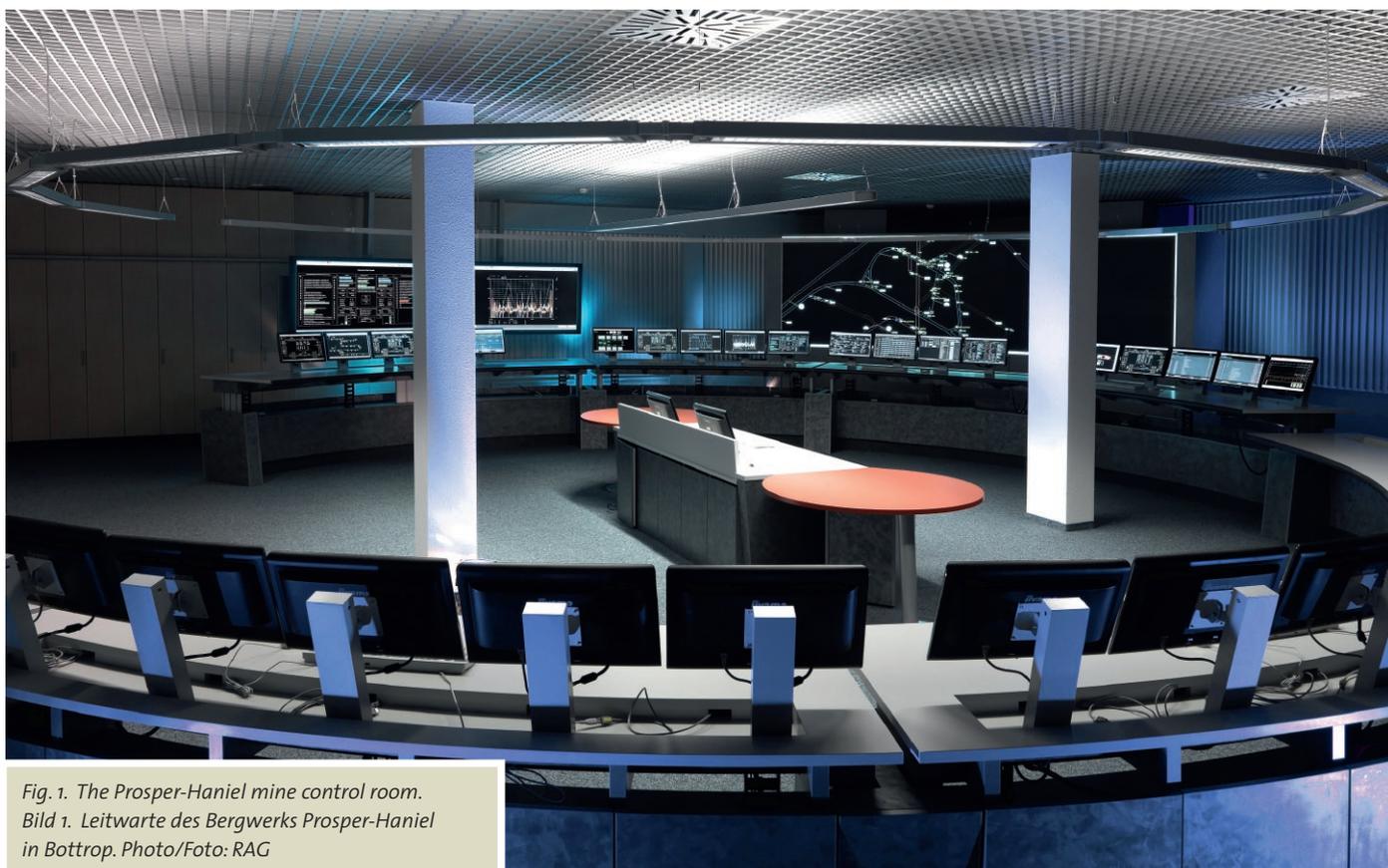


Fig. 1. The Prosper-Haniel mine control room.
Bild 1. Leitwarte des Bergwerks Prosper-Haniel
in Bottrop. Photo/Foto: RAG

below ground – and the modern mine control room was created. In May 1999 the SL 500 drum shearer of Eickhoff Bergbautechnik GmbH, Bochum/Germany, which could work seams up to 4 m in thickness, was first introduced throughout the Ruhr coalfield (2). Three years later a special new central control station provided the possibility for collecting and processing data from all the drum shearers in operation. The colliery then took another important innovative step when it built an entirely new control room in 2010 (Figure 1). The modular structure of the management and control system that oversees, visualises and steers the entire process below ground is designed for various possible applications (1). The increasing mechanisation and automation of mine support and winning operations then meant that further intrinsically-safe systems and controls had to be introduced. Prosper-Haniel colliery proved to be a pioneer of technical innovation, as demonstrated in the mid-1980s with the excavation of a 3.6 km-long inclined drift that provided a connection between the 786 m level and coal preparation plant at the Prosper II shaft site.

Prosper-Haniel and Ibbenbüren collieries are the last two active mines currently operated RAG Aktiengesellschaft, Essen/Germany. The Prosper-Haniel working plan is currently based around three coal panels in the Zollverein 1/2 seam in the Prosper North district that have an estimated coal content of some 3 mt saleable (Figure 2). These panels include seams up to 4 m in thickness with a high gas content and this calls for a special safety concept to be put in place.

In order to improve efficiency and workplace safety, especially in the Zollverein production areas, RAG Mining Solutions working together with RAG Deutsche Steinkohle developed an automation system that could interlink all the modules making up the

Tage im Blick zu haben – denn eine neue Grubenwarte ging in Betrieb. Ab Mai 1999 kommt zum ersten Mal im gesamten Ruhrbergbau ein Walzenlader SL 500 der Eickhoff Bergbautechnik GmbH, Bochum, für den Abbau in Flözen mit Mächtigkeiten von bis zu 4 m zum Einsatz (2). Drei Jahre später bietet eine neue Spezialwarte die Möglichkeit, Daten aller eingesetzten Walzenlader zu sammeln und zu verarbeiten. Mit dem Bau einer neuen Leitwarte setzte das Bergwerk im Jahr 2010 einen weiteren wichtigen innovativen Akzent (Bild 1). Der modulartige Aufbau des Leit- und Steuerungssystems, das den gesamten untertägigen Prozess überwacht, visualisiert und steuert, erlaubt vielseitige Anwendungsmöglichkeiten (1). Die zunehmende Mechanisierung und Automatisierung von Ausbau und Gewinnung benötigte weitere Installationen eigensicherer Systeme und Steuerungen. Das Bergwerk Prosper-Haniel zeichnet sich als Vorreiter für technische Neuerungen aus. Das beweist auch der Mitte der 1980er Jahre aufgefahrenen Förderberg, ein rd. 3,6 km langer Schrägschacht, der die 786 m-Sohle mit der Aufbereitungsanlage am Standort Prosper II verbindet.

Das Bergwerk Prosper-Haniel ist im Jahr 2018 neben dem Bergwerk Ibbenbüren eines der beiden letzten aktiven Steinkohlenbergwerke der RAG Aktiengesellschaft (RAG), Essen. Ein wichtiger Bestandteil des Abbauplans sind drei Bauhöhen im Flöz Zollverein 1/2 im Baufeld Prosper Nord mit einem Kohleinhalt von etwa 3,0 Mio. tvF (Bild 2). Die Bauhöhen zeichnen sich durch Flözmächtigkeiten bis zu 4 m und hohe Gasinhalte aus, daher ist ein besonderes Schutzkonzept für die Mitarbeiter erforderlich.

Um Effizienz und Arbeitssicherheit insbesondere in den Zollverein-Betrieben zu erhöhen, entwickelte die RAG Mining Solutions GmbH gemeinsam mit der RAG Deutschen Steinkohle ein Automatisierungssystem, das alle im Strebbau beteiligten Mo-

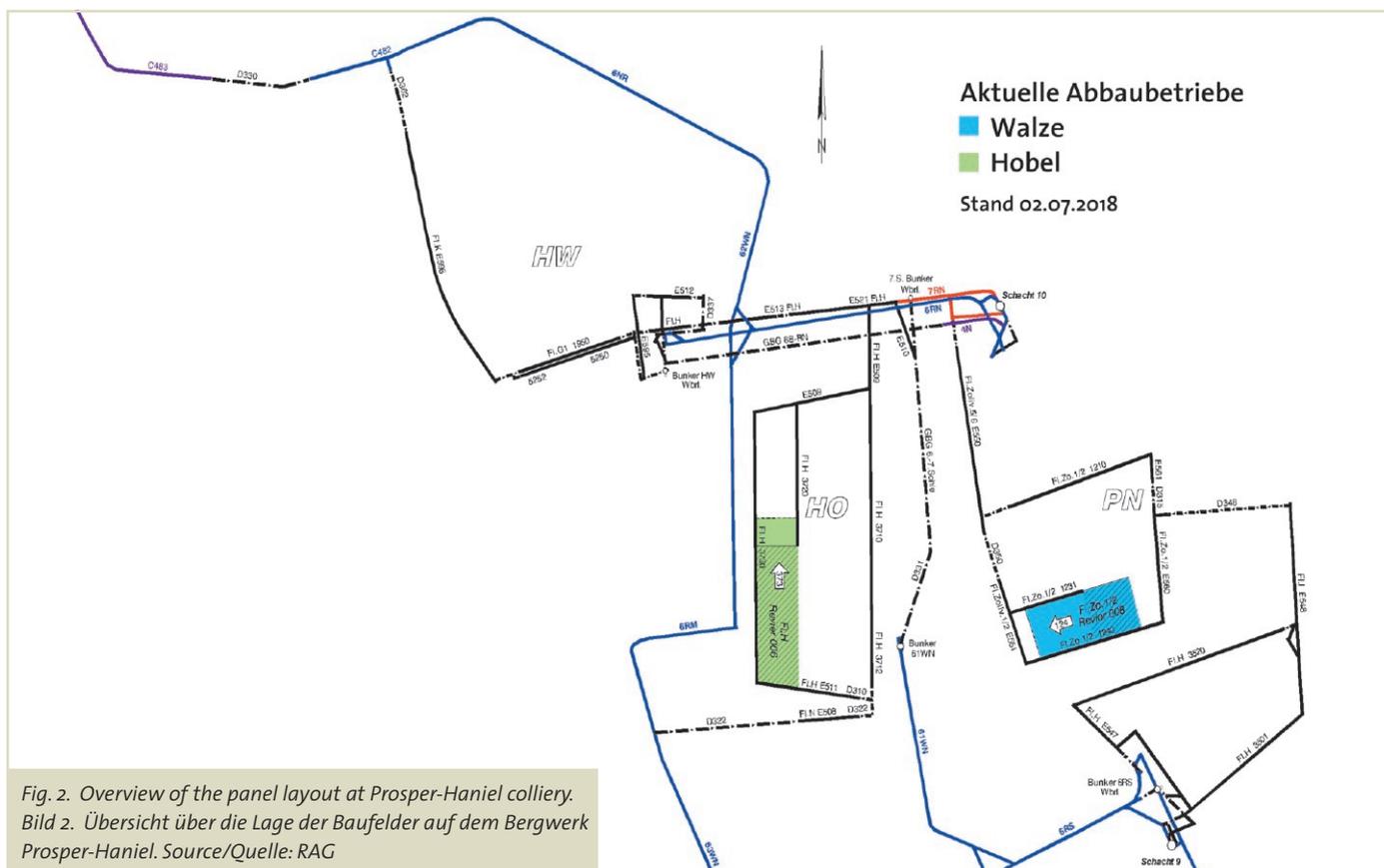


Fig. 2. Overview of the panel layout at Prosper-Haniel colliery.
 Bild 2. Übersicht über die Lage der Baufelder auf dem Bergwerk Prosper-Haniel. Source/Quelle: RAG

face installation (3). In order to achieve optimal operations control all the information relating to the winning equipment, i.e. the drum shearer and all the plant and machinery in the face zone, is processed, pooled and evaluated.

The face automation concept for the Zollverein 1/2 panels combines all current self-supporting components that constitute the partner systems. One of the key functions is to ensure interaction between the coal shearer and the shield supports so that the installation can operate in automatic mode. The Zollverein



Fig. 3. The Eickhoff SL 750 shearer.
 Bild 3. Walzenlader SL 750 von Eickhoff. Photo/Foto: RAG

dule miteinander vernetzt (3). Zur optimalen Betriebssteuerung werden alle Informationen über die Gewinnungsgeräte, z.B. den Walzenlader, sowie sämtlicher Maschinen und Anlagen im Strebbereich verarbeitet, gebündelt und ausgewertet.

Das Strebbautomatisierungskonzept in den Bauhöhen Zollverein 1/2 führt alle bis dato autarken Komponenten der beteiligten Systempartner zusammen. Eine Kernaufgabe ist dabei das Zusammenspiel zwischen Walzenlader und Schildausbau, das es ermöglicht, automatisiert zu fahren. Im Flöz Zollverein handelt es sich um Gruppe-C-Schilde, die in Kooperation der chinesischen Firma Pingdingshan Coal Mining Company mit der Maschinenfabrik Glückauf GmbH & Co. KG in Gelsenkirchen gebaut wurden.

Um die Gewinnungsmannschaft und insbesondere den Walzenfahrer vor Gasausbrüchen oder dem Umstürzen des Kohlenstoßes zu schützen, ist ein Mindestabstand zur Walze von 10 m einzuhalten. Bei Einhaltung des Sicherheitsabstands und den schlechten Sichtverhältnissen im Streb kann der Walzenfahrer die Maschine nicht über die Fernbedienung steuern, die Walzensteuerung erfolgt ohne Sichtkontakt (3).

Für die Teilautomatisierung des Walzenladers wird das System EiControlSB von Eickhoff verwendet. Über die Strebbautomatisierungssoftware zum automatisierten Steuern des Walzenladers SL 750 (Bild 3) leitet dieser seine Maschinenposition an den Schildausbau weiter. Der Abbaufortschritt wird über das Rückmaß des Schreitwerks des Schildausbaus mittels Reedstab erfasst. Der Strebbförderer des Herstellers Halbach & Braun wird über seine Stromaufnahme gegen Überladung geschützt (4).

Der elektrohydraulische Schildausbau verfügt über eine Steuerung, die automatische Abläufe in Abhängigkeit von der Walzenposition ausführen kann (Bild 4).

seam is equipped with group C shield supports that were built in partnership between the Chinese company Pingdingshan Coal Mining Company and Maschinenfabrik Glückauf GmbH & Co. KG, Gelsenkirchen/Germany.

In order to protect the face team – and especially the shearer operator – from gas outbursts and collapses of coal from the face it is important to maintain a safe distance of 10 m from the shearer drum. When this safety margin is being kept, and given the poor visibility along the face line, the shearer operator is unable to steer by remote control and the machine has to be operated without visual contact (3).

Part-automation of the coal shearer is provided by means of the Eickhoff EiControlsB system. The SL 750 machine (Figure 3) uses automatic-steering software to relay its exact position to the shield supports. The rate of progress is measured by a reed transducer based on the unit of advance of the shield advancing gear. The face conveyor of Halbach & Braun is protected against overload via its current draw (4).

The electro-hydraulic shield support is fitted with a control system that can execute automatic sequences as a function of the position of the cutting drum (Figure 4).

Additional sensor units are incorporated into the shield supports in order to achieve part-automation of the overall system. The five new sensors are located in the roof canopy, the cantilever bar, the caving shield and the base. The measurement data they supply are used to calculate the system height based on the geometric data from all the moving parts of the shield. Angle sensors and reed transducers are also fitted to monitor the setting of the articulated cantilever bars and so to prevent collisions occurring with the cutting drums (4).

The face conveyor is advanced with the shield. The group function of the system provides for the sequential steering of up to three shield units. The cantilever bars can also be extended and retracted as a group and the face conveyor segments too can be controlled in groups (5). The individual functions comprise shield advance, shield release, shield set, stabilising ram retract, stabilising ram extend, conveyor advance and conveyor withdraw.

All incoming data is sent to the process computer in the surface control room. A visualisation of the shield perspective allows the shield and the conveyor to be individually imaged and the respective positions of the shield, conveyor and cutting drum to one another to be depicted and shown in three-dimensional space.

The travel paths and position of the seam in relation to the conveyor can be determined by analysis of the drum-shearer data. The position of the face within the seam can be optimised by employing a web planning concept that uses various profile data, such as depth of cut.

After extensive development work and numerous trial runs above and below ground the procedure as described above was reliably and successfully put into practice in 2015 (3).

Continuing improvements have been made on the basis of the operational results from the panel and the ongoing involvement of the workforce. Data processing allows the various events to be visualised on computers both above and below ground. By this means it becomes possible not only to undertake current distance calculations and collision risk assessments but also to analyse past and future situations arising on the coal face.



Fig. 4. Face supports in Zollverein 1/2 seam.

Bild 4. Strebausbau in Flöz Zollverein 1/2. Photo/Foto: RAG

Zur Teilautomatisierung des Gesamtsystems wurde zusätzliche Sensortechnik in den Schildausbau eingebaut. Die fünf neuen Sensoren befinden sich an der Kappe, der Klappkappe, am Bruchschild und an der Kufe. Ihre Messwerte ermöglichen unter Berücksichtigung der geometrischen Daten aller tragender Teile des Schilde die Berechnung der Systemhöhe. Zur Überwachung der Klappkappenstellung sind Winkelsensoren und Reedstäbe eingebaut, um Kollisionen mit den Walzenrädern zu verhindern (4).

Der Förderer lässt sich schildweise nachdrücken. In der Gruppenfunktion sind bis zu drei Schilde sequentiell steuerbar. Die Klappkappen lassen sich gruppenweise aus- und einfahren. Auch der Förderer ist gruppenweise zu steuern (5). Zu den Einzelfunktionen zählen z.B. Schild vorziehen, rauben, setzen sowie Eckzylinder ein- und ausfahren und Förderer rücken oder zurückziehen.

Über Tage verarbeitet der Prozessrechner alle eingehenden Daten. Durch die Visualisierung der Schildperspektive besteht die Möglichkeit, den Schild und den Förderer einzeln darzustellen sowie die Lage von Schild, Förderer und Walze zueinander und im Raum abzubilden.

Über die Auswertung des Walzenladers lassen sich Fahrwege sowie die Lage des Flözes zum Förderer bestimmen. Durch die Schnittplanung kann mithilfe der Eingabe von Profilen – u.a. der Schnitttiefe – die Streblage im Flöz optimiert werden.

Nach umfangreichen Entwicklungsarbeiten und zahlreichen Erprobungen über sowie unter Tage konnte im Jahr 2015 das beschriebene Verfahren betriebssicher und erfolgreich in die Praxis überführt werden (3).

Aus den Betriebsergebnissen der Bauhöhe und durch die Einbindung der Belegschaft wurden kontinuierlich weitere Verbesserungen realisiert. Die Datenverarbeitung ermöglicht die Visualisierung an Computern über und unter Tage. So können nicht nur aktuelle Abstandsberechnungen und Kollisionsgefahren bewertet, sondern auch historische und zukünftige Situationen im Streb analysiert werden.

Der Steuerstandfahrer ist als Wartenfahrer weiterhin in den Gewinnungsprozess integriert. Er überwacht die gesamte Ge-

The console operator is also involved in the winning process as the control room operative. He monitors the entire coal winning installation and can also provide significant support to the underground team in areas such as collision avoidance, optimisation of the on-face situation and critical loading conditions in the coal clearance system.

The objectives identified for the part-automation regime were to ensure a high degree of operational reliability, to deploy the equipment efficiently and to provide visualisation of all relevant data in order to monitor the face operations and control them in the best way possible. The new system was integrated into the existing control room functions and the control room operatives therefore have a permanent overview of all the processes under way below ground. They also have access to a 3D model of the entire mine workings that includes a graphic display of the mine infrastructure.

The system not only introduces improved safety and reliability but also makes the production processes more efficient and transparent, as the entire winning process can be monitored from the control console. This makes it possible to react quickly and in a targeted manner whenever complex situations arise. Critical operational conditions can also be avoided by the localisation of weak spots. Part-automation provides an overall view of all the processes under way below ground and combines the data from the drum shearer, the face conveyor and the shield supports in such a way that the winning operation can be proactively modelled using current, retrospective and predictive parameters. An extended version of the part-automation regime will provide further optimisation opportunities for high-performance longwall operations worldwide.

winnungseinrichtung und ist in der Lage, die Mannschaft unter Tage optimal im Hinblick auf Kollisionsvermeidung, Optimierung der Strebsituation oder kritische Beladungszustände in der Abförderung zu unterstützen.

Als Ziel der Teilautomatisierung galt es, eine hohe Betriebssicherheit zu garantieren, Arbeitsmittel effizient einzusetzen und den Betrieb durch Visualisierungen aller relevanten Informationen zu überwachen und optimal zu steuern. Das neue System wurde in das bestehende Wartensystem integriert. Die Wartefahrer haben hierbei permanent einen Überblick über alle laufenden Prozesse unter Tage. Darüber hinaus lässt sich auf ein 3D-Modell des Grubengebäudes zurückgreifen, das auch die Infrastruktur des Bergwerks visualisiert.

Neben der zusätzlichen Sicherheit lassen sich die Produktionsprozesse effizient und transparent gestalten. Über den Steuerstand lässt sich der gesamte Gewinnungsprozess überwachen. So sind schnelle und zielgerichtete Reaktionen auf komplexe Situationen möglich. Zusätzlich lassen sich kritische Betriebszustände durch die Lokalisierung von Schwachstellen vermeiden. Die Teilautomatisierung verschafft einen Überblick über alle Vorgänge unter Tage und führt die eingehenden Daten von Walzenlader, Strebförderer und Schildausbau zusammen, sodass der Gewinnungsvorgang aktuell, rückblickend und vorausschauend modelliert werden kann. Die erweiterte Teilautomatisierung bietet Chancen zur Verfahrensoptimierung für internationale Hochleistungsabbaubetriebe.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Vorstand Deutsche Steinkohle AG: 150 Jahre Bergbau in Bottrop.
- (2) Pasche, E.: Bergwerk Prosper-Haniel. Bergwerksportrait. In: Glückauf (135), 1999, S. 636 ff.
- (3) Becker, M.; Martin, P.; Junker, M.: Intelligente Strebsysteme für den internationalen Steinkohlenbergbau mit Anbindung an moderne Wartensysteme. In: Bergbau – Zeitschrift für Rohstoffgewinnung, Energie, Umwelt, 2015.
- (4) RAG Aktiengesellschaft, Servicebereich Technik- und Logistikdienste: Managementschulung Teilautomatisierung Zollverein. Unveröffentlicht.
- (5) RAG Aktiengesellschaft, Servicebereich Technik- und Logistikdienste: Schulung Teilautomatisierung Zollverein. Unveröffentlicht.

Author / Autor

Bettina Pielka B. Sc., Referentin Öffentlichkeitsarbeit,
Bergwerk Prosper-Haniel, RAG Aktiengesellschaft, Essen