

Mark Becker
Philipp Martin
Martin Junker

Intelligent Face Systems with a Direct Link to the Mine Control Room Provide New Technology for the International Coal Industry

This paper discusses the intelligent interaction of the key systems that make up a longwall mining installation. The high level of automation that can be achieved with an interlinked system is the key to greater efficiency, by way of energy and resource savings, and a significant improvement in workplace safety. The involvement of operator know-how is the essential element in developing solutions for intelligent face systems. RAG Mining Solutions GmbH, Herne/Germany, has been working closely with RAG Deutsche Steinkohle, Herne/Germany, to develop a software

solution for the interaction of the main operating systems that go to make up a longwall face installation. This paper uses practical examples to describe how operators have helped shape the development process, resulting in promising new technology for the international coal industry. It also explains how the chosen software solution is connected to the downstream control-room systems. It is based on the second author's presentation on the Aachen International Mining Symposium at 28th May 2015.

Intelligente Strebsysteme für den internationalen Steinkohlenbergbau mit Anbindung an moderne Wartensysteme

Der Beitrag befasst sich mit dem intelligenten Zusammenspiel wesentlicher im Strebbau beteiligter Systeme. Der durch die Vernetzung erhöhte Grad der Automatisierung ist der Schlüssel zu mehr Effizienz beispielsweise durch Energie- und Ressourceneinsparungen sowie zu einer signifikanten Erhöhung der Arbeitssicherheit. Zentraler Bestandteil bei der Entwicklung von Lösungen für intelligente Strebsysteme ist die Einbindung von Betreiber-Know-how. Die RAG Mining Solutions GmbH, Herne, hat in enger Zusammenarbeit mit der RAG Deutsche Steinkohle, Herne, eine

Softwarelösung zur Interaktion der im Strebbau beteiligten Systeme entwickelt. Der Einfluss des Betreibers auf die Entwicklung und die sich daraus ergebenden Chancen für den internationalen Steinkohlenbergbau werden im Beitrag an mehreren praktischen Beispielen erläutert und dargestellt. Abschließend wird die Anbindung der Softwarelösung an nachhaltige Wartensysteme erörtert. Der Beitrag basiert auf einem Vortrag des zweitgenannten Autors anlässlich des Aachen International Mining Symposiums am 28. Mai 2015.

Face automation in the German coal industry

As well as coming to terms with a set of quite particular geological conditions the deep coal industry also has to ensure that high health and safety standards are maintained everywhere below ground. The German mining sector is now facing another challenge in that the planned closure of the indigenous coal industry will entail a massive loss of mining know-how as a result of the downsizing process. This loss of expertise has to be offset by other means, which includes the automation of certain operating procedures.

In such a complex environment all the information on the winning machines and other items of equipment installed along

Rahmenbedingungen der Strebautomatisierung im deutschen Steinkohlenbergbau

Der untertägige Steinkohlenbergbau muss stets mit den besonderen geologischen Bedingungen der Lagerstätte zurechtkommen und dabei zu jeder Zeit ein hohes Maß an Sicherheit im gesamten Grubengebäude garantieren. In Deutschland kommt als besondere Herausforderung hinzu, dass im Zuge des Ausstiegs aus dem heimischen Steinkohlenbergbau mit dem damit einhergehenden Stellenabbau ein massiver Know-how-Verlust eintritt. Dieser Know-how-Verlust muss anderweitig – z.B. durch die Automatisierung bestimmter Vorgänge – kompensiert werden.

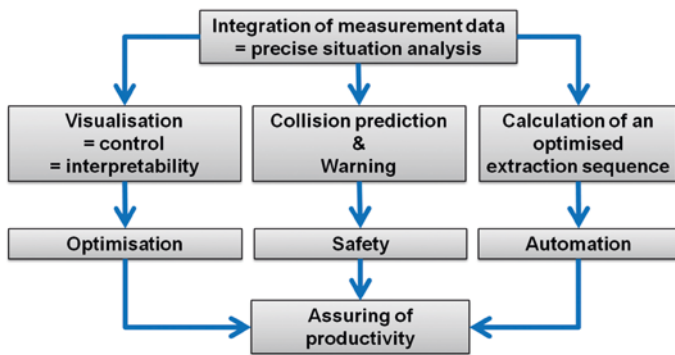


Fig. 1. Automation objectives
Bild 1. Automatisierungsziele

the coal face has to be collected and transmitted to the surface control station for processing and control purposes in order to maintain the winning operation. As well as managing the normal data handling and processing routines this also means having to bundle various data streams at a central point.

Against this background RAG Deutsche Steinkohle has devised different methods, including the use of automation, for ensuring that longwall coal production is maintained until the end of 2018. This has involved employing the wide range of skills available throughout the group:

- mining expertise acquired over 40 years of RAG Deutsche Steinkohle operations,
- automation skills developed for production faces and for other branches of industry,
- development know-how for process optimisation,
- interface expertise for the intelligent networking of technical systems,
- expertise in training mining personnel from all parts of the industry.

Using the company's own patents as a basis, an intelligent face system was developed and introduced in collaboration with the group subsidiary RAG Mining Solutions GmbH. This focused on the key automation objectives shown in Figure 1.

The system is designed to maintain efficient coal winning, in conjunction with high safety requirements, by interlinking the key coal-face components – shearer-loader, face conveyor and shield supports with electrohydraulic control. These components have already been part-automated (automatic machine travel and ranging-arm operation, automatic shield support sequence and automatic conveyor pushing).

In order to employ the intelligent face automation system the face equipment also has to meet the following requirements:

- The shearer-loader – which in Germany is employed in working thicknesses of 1.6 to 4.5 metres – must be fitted with sensors to monitor ranging-arm position, machine travel speed, machine position and transverse and longitudinal tilt.
- The face conveyor, operating in conjunction with an IPC, must be monitored for overload, using current consumption, f. e. the

In einem solch komplexen Umfeld müssen deshalb alle Informationen über Gewinnungsgeräte sowie sämtlicher Anlagen und Maschinen im Strebraum gesammelt und an den übertragenden Steuerstand zur Prozessanalyse und Steuerung übermittelt werden, um den Gewinnungsprozess aufrecht zu erhalten. Dies beinhaltet, neben der reinen Datenverarbeitung, die Notwendigkeit, verschiedene Datenströme an einem zentralen Punkt zu bündeln.

Vor diesem Hintergrund hat die RAG Deutsche Steinkohle die Automatisierung der Kohlegewinnung in ihren Strebbetrieben vorangetrieben. Dabei konnte auf die im Konzern vorhandenen Fähigkeiten zurückgegriffen werden:

- Bergbaukompetenz aus 40 Jahren Betriebserfahrung der RAG Deutsche Steinkohle,
- Automatisierungskompetenz im Strebbau und in anderen Industriezweigen,
- Entwicklungskompetenz für Verfahrensoptimierung,
- Schnittstellenkompetenz zur intelligenten Vernetzung aller technischen Systeme,
- Schulungskompetenz für Bergwerkspersonal in allen Bereichen.

Auf Basis eigener Patente wurde in Zusammenarbeit mit der Konzerntochter RAG Mining Solutions GmbH ein intelligentes Strebsystem entwickelt und eingeführt. Dabei standen die in Bild 1 gezeigten Automatisierungsziele im Vordergrund.

Das System erlaubt eine effiziente Kohlegewinnung unter Einhaltung der hohen Sicherheitsanforderungen durch Vernetzung der wesentlichen Komponenten Walzenlader, Strebförderer und Schildausbau mit der elektrohydraulischen Steuerung. Diese Komponenten sind bereits teilautomatisiert (Fahr- und Tragarmautomatiken des Walzenladers, automatischer Schildablauf und Abrücken des Förderers).

Für den Einsatz der intelligenten Strebautomatisierung muss die Strebausrüstung zusätzlich folgende Anforderungen erfüllen:

- Der Walzenlader – in Deutschland eingesetzt in gebauten Flözmächtigkeiten von 1,6 bis 4,5 m – muss über Sensoren zur Überwachung von Tragarmstellung, Marschgeschwindigkeit, Maschinenposition sowie Längs- und Querneigung verfügen.
- Der Strebförderer muss – z.B. mittels Stromaufnahme, sogenannte StroMatic – in Verbindung mit einem IPC auf Überladung überwacht werden. Der Abbaufortschritt wird in der Regel über das Rückmaß des Schreitwerks mittels Reedstab erfasst.
- Der elektrohydraulische Schildausbau muss über eine Steuerung verfügen, die automatische Schildabläufe in Abhängigkeit von der Walzenposition ausführen kann. Darüber hinaus erfordert die intelligente Strebautomatisierung die Berechnung der Systemhöhe mittels Neigungssensoren in Verbindung mit den geometrischen Daten aller tragenden Teile des Ausbaugestells. Beim Einsatz von Klappkappen sind Winkelsensoren oder Reedstäbe zur Überwachung der Klappkappenstellung erforderlich.

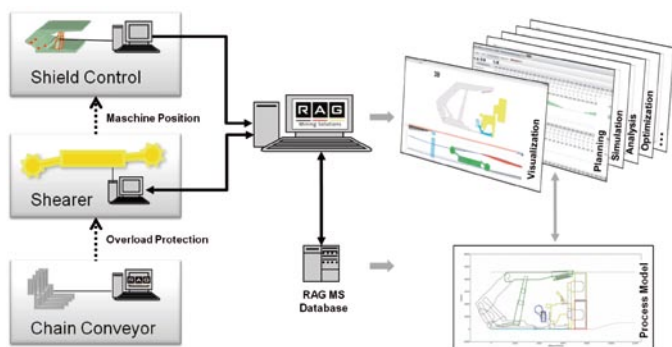


Fig. 2. Part-automated face components and their integration into the intelligent face automation system
Bild 2. Teilautomatisierte Strebkomponenten und deren Integration in die intelligente Strebautomatisierung

StroMatic system. The rate of advance is usually measured by reed transducer, which detects the amount of travel at the conveyor advancing gear.

- The electrohydraulic shield supports must be fitted with a control system that can perform automatic shield operations as a function of the shearer drum position. The intelligent face automation system also requires the installation height to be calculated using inclination sensors operating in conjunction with the geometric data from all the load-bearing parts of the support unit. When articulated cantilever bars are being deployed the system has to be equipped with angle sensors or reed transducers for status monitoring purposes.

The left portion of Figure 2 depicts the semi-automated winning process as described above.

Using this automation level as a starting point the intelligent face automation system, as depicted in the central portion of the diagram, combines all the data into an individual vector model. This is the prerequisite for the subsequent processing routine that is performed in the process model, as shown on the right, which provides for the coordinated interaction of the individual components involved in the coal winning process.

The data thus provided can be combined with the geometric contours to visualise each face situation that may arise (Figure 4). By this means it is possible to perform distance calculations and issue collision warnings as well as to provide historic and predicted assessments of the face situation.

This means that as well as being able to monitor each individual machine the control-room operator is actively involved in the winning process and can support his on-face team in the following ways:

- Collision avoidance; this is a unique feature of the intelligent face automation system.
- Optimisation of the face situation.
- Reacting to critical loading situations during coal clearance.
- Setting up the next machine cut after assessing the incoming sensor data and collision calculation.

This software integration is the result of an extensive survey of RAG personnel, ranging from machine operators to engineering

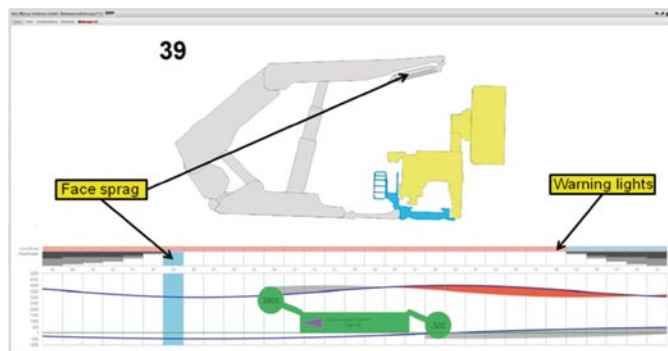


Fig. 3. Visualisation of the face situation
Bild 3. Visualisierung der Strebsituation

Bild 2 veranschaulicht im linken Bereich den beschriebenen Standard des teilautomatisierten Gewinnungsvorgangs.

Ausgehend vom Automatisierungsgrad der einzelnen Komponenten führt die intelligente Strebautomatisierung – wie im mittleren Bereich von Bild 2 dargestellt – alle Daten in einem eigenen Vektormodell zusammen. Das ist Voraussetzung für die rechts veranschaulichte Weiterverarbeitung im Prozessmodell und ermöglicht ein aufeinander abgestimmtes Zusammenwirken der Einzelkomponenten im Gewinnungsprozess.

Mit Hilfe der bereitgestellten Daten in Verbindung mit den geometrischen Konturen kann jede Strebsituation visualisiert werden (Bild 3). Das ermöglicht Abstandsberechnungen und Kollisionswarnungen sowie eine historische und eine in die Zukunft gerichtete Bewertung der Strebsituation.

Der Steuerstandfahrer kann so nicht nur jede einzelne Maschine überwachen, vielmehr ist er in den Gewinnungsprozess eingebunden und kann den Bediener unter Tage in folgenden Punkten unterstützen:

- Kollisionsvermeidung, ein Alleinstellungsmerkmal der intelligenten Strebautomatisierung.
- Optimierung der Strebsituation.
- Reaktion auf kritische Beladungszustände in der Abförderung.
- Anpassung des nächsten Gewinnungsschnitts nach Auswertung der eingehenden Sensordaten und Kollisionsberechnung.

Diese Softwareintegration ist das Ergebnis zahlreicher Befragungen von RAG Mitarbeitern vom Maschinenbediener bis zum Ingenieur. Der durch den Personalabbau bei der RAG Deutsche Steinkohle bedingte Know-how-Verlust kann so durch die Bereitstellung eines Expertensystems kompensiert werden.

Das beschriebene Verfahren wurde im deutschen Steinkohlenbergbau erstmals im Jahr 2015 eingesetzt. Voraus gingen umfangreiche Entwicklungsarbeiten und zahlreiche Erprobungen über und unter Tage, um den hohen Sicherheitsanforderungen gerecht zu werden.

Bild 4 zeigt den übertägigen Versuchs- und Schulungsaufbau, in dem alle Funktionstests und Mitarbeiterschulungen für Bediener, Steuerstandfahrer und Steiger durchgeführt werden. In diesem Versuchsstreb werden alle Automatikfunktionen getestet, bevor sie unter Tage installiert und in Betrieb genommen werden.



Fig. 4. Testing and training set-up
Bild 4. Übertägiger Versuchs- und Schulungsaufbau

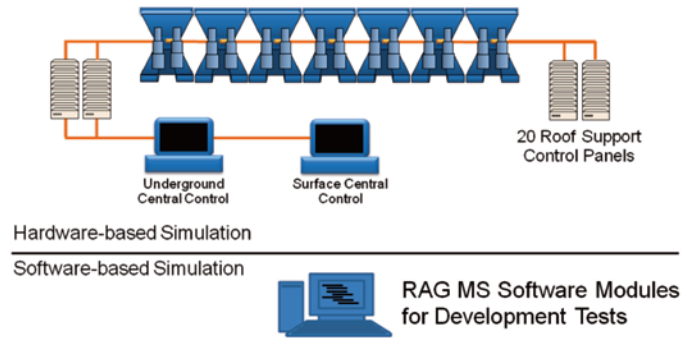


Fig. 5. General view of the surface test face
Bild 5. Systemübersicht des übertägigen Versuchsbaus

staff. In this way the loss of expertise resulting from the reduction in manpower can be offset through the provision of an expert system.

The system as described above was introduced into the German coal industry for the first time in 2015. Extensive development work and countless trials above and below ground were needed in order to ensure that high safety standards are maintained at all times.

Figure 4 shows the testing and training layout that was set up above ground to carry out all the different performance tests and to provide a learning and training facility for machine operators, control-station personnel and foremen. The training face was used to test all the automatic functions before they were installed below ground and put into operation.

This short face installation consisted of seven powered-support units of similar design to those already installed in the Zollverein panels at Prosper-Haniel colliery. A total of 20 additional support control devices were also included on both the right and left side of the test installation to simulate an 82 metre-long coal face (Figure 5). Operating in conjunction with the IPCs for the coal shearer and the shield-support central control system (face control centre) the surface facility provided a set of very realistic conditions for testing the shield automatic controls.

All the development activity associated with this particular application called for much fundamental research and feasibility study work, the results of which are now incorporated into a specific process model that can also be transferred to other production faces.

The experience thus acquired has paved the way for a programme of tailor-made operator and management training sessions that are designed to ensure that our potential is used to the full.

Operating experience from the German coal industry

When operating coal faces at deep levels a large degree of mining experience is needed in order to manage geological factors such as rock pressure and methane emissions as safely as possible.

The following examples are taken from Zollverein 1/2 seam at RAG's Prosper-Haniel colliery in Bottrop. This gassy seam is located at a depth of 1,200 metres and has an average thickness of 3.65 metres. As well as the high convergence rates that were predicted in the gate roads, and the large quantities of dirt produced

Der übertägige Kurzstreb besteht aus sieben Schreitausbaueinheiten, wie sie baugleich in den Zollverein-Bauhöhen des Bergwerks Prosper-Haniel zum Einsatz kommen. Ausgestattet ist er mit jeweils 20 zusätzlichen Ausbausteuergeräten links und rechts, was der Simulation eines Strebs mit einer Länge von 82 m entspricht (Bild 5). In Verbindung mit den zugehörigen IPC's des Walzenladers und der zentralen Steuerung des Schildausbaus (Abbauleitzentralen/ALZ) sind hier Tests – insbesondere von Schildautomatiken unter weitgehend realistischen Bedingungen – möglich.

Die Entwicklungsarbeit für diesen speziellen Anwendungsfall erforderte umfangreiche Grundlagenforschung und Machbarkeitsstudien, deren Ergebnisse in einem präzisen Prozessmodell integriert sind, das auch auf andere Strebbetriebe übertragbar ist. Darüber hinaus ermöglicht die eingeflossene Betriebserfahrung die Durchführung spezifischer Bediener- und Management-schulungen.

Betriebserfahrungen aus dem deutschen Steinkohlenbergbau

Der Abbau von Steinkohle in großen Teufen erfordert ein großes Maß an Betriebserfahrung zum sicheren Umgang mit den geologischen Faktoren, insbesondere Gebirgsdruck und Methan-ausgasung.

Die folgenden Beispiele beziehen sich auf das Flöz Zollverein 1/2 auf dem Bergwerk Prosper-Haniel der RAG Deutsche Steinkohle in Bottrop. Dieses gasreiche Flöz steht in einer Teufe von 1.200 m an und hat eine mittlere Mächtigkeit von 3,65 m. Neben prognostizierten starken Konvergenzen der Abbaubegleitstrecken und zahlreichen Bergemitteln waren der hohe Methangehalt des Flözes sowie dessen Auswirkungen auf den Abbau entscheidende Herausforderungen. Bild 6 veranschaulicht den Zusammenhang zwischen den desorbierbaren Gasinhalten und dem Baufeldzuschnitt.

Um Beeinträchtigungen des Gewinnungsprozesses zu minimieren, waren im Zuge der Streckenauffahrung umfangreiche Bohrarbeiten zur Gasvorabsaugung erforderlich. Die dadurch bedingte Beanspruchung des Flözes wirkt sich negativ auf die Stabilität des Kohlenstoßes aus und stellt eine zusätzliche Gefahrenquelle dar. Um einen sicheren Gewinnungsbetrieb unter Gasausbruchsfahrer gewährleisten zu können, erfolgt die Steuerung des Walzenladers ohne Sichtkontakt.

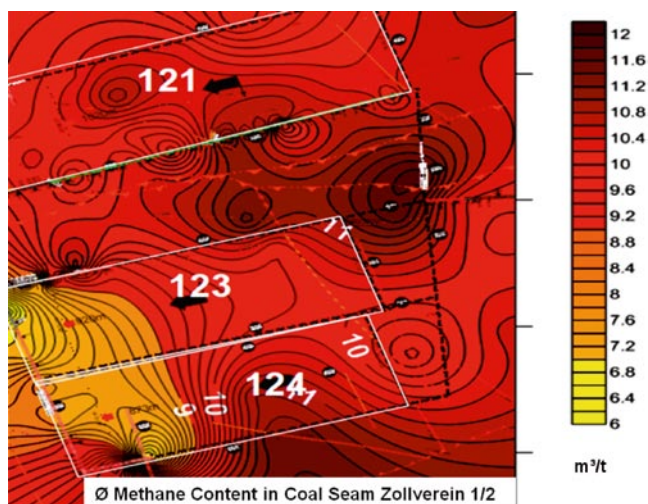


Fig. 6. Relationship between desorbable gas content and panel layout
Bild 6. Zusammenhang zwischen desorbierbaren Gasinhalten und Baufeldzuschnitt

from the face, the main challenges facing the mine management were the high in-seam methane content and its impact on face operations. Figure 6 shows the relationship between desorbable gas content and panel layout.

In order to minimise any future disruption to the winning process a large number of preliminary gas drainage holes had to be drilled during the roadway drivage phase. The stress that this caused to the seam negatively affected the stability of the coal face and posed an additional risk for the face team. Given the conditions as described, coal production had to be maintained under the threat of gas outbursts and this meant being able to steer the shearer without any visual contact with the machine.

A new longwall system has been developed for mining in the Zollverein 1/2 coal seam. For the first time in the history of the German coal mining industry, the contract for supplying the shield support was awarded to a Chinese company, the Pingdingshan Coal Mining Company. They supplied the steelwork, whilst the hydraulic components were provided by the Glückauf GmbH & Co. KG engineering factory in Gelsenkirchen, who also managed the lining. Each shield support unit is equipped with a PM 32 AGE control module from marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH, Dachau. The coal is mined using an SL 750 shearer loader in the high version and with shearer wheels of 2300 mm diameter from Eickhoff Bergbautechnik GmbH, Bochum, and removed using a face conveyor from Halbach & Braun Industrieanlagen GmbH & Co. KG, Hattingen.

The intelligent face automation system was developed for working Zollverein 1/2 seam and, given the danger presented by potential gas outbursts, was designed to enable the on-face operator to remain at a safe distance from the machine when cutting coal. As Figure 7 shows, the lack of visibility at such a distance does not allow the operator to steer the machine by remote control. For this reason it is vital that the shearer can be operated without visual contact while at the same time avoiding the risk of collision.

Opportunities for the international coal industry

The technology that has been developed also provides an op-



Fig. 7. Poor visibility for the shearer operator in the machine zone
Bild 7. Schlechte Sichtverhältnisse für den Walzenfahrer im Bereich des Gewinnungsgeräts

Für den Abbau in Flöz Zollverein 1/2 wurde eine neue Streb-ausrüstung konzipiert. Erstmals in der Geschichte des deutschen Steinkohlenbergbaus ging der Auftrag für die Lieferung des Schildausbaus an ein chinesisches Unternehmen, die Pingdingshan Coal Mining Company. Sie lieferte den Stahlbau, die Hydraulikkomponenten steuerte die Maschinenfabrik Glückauf GmbH & Co. KG aus Gelsenkirchen bei, die zugleich die Federführung hinsichtlich des Ausbaus innehatte. Jede Schildausbaueinheit ist ausgerüstet mit einem Steuermodul PM 32 AGE der marco Systemanalyse und Entwicklung GmbH, Dachau. Die Kohlegewinnung erfolgt mit einem Walzenlader SL 750 in hoher Ausführung und mit Walzenrädern von 2.300 mm Durchmesser der Eickhoff Bergbautechnik GmbH, Bochum, und die Abförderung über einen Strebeförderer der Halbach & Braun Industrieanlagen GmbH & Co. KG, Hattingen.

Die intelligente Strebautomatisierung wurde für den Abbau des Flözes Zollverein 1/2 entwickelt, um bei Gefahr von Gasausbrüchen dem Walzenfahrer während des Schneidvorgangs den Aufenthalt in sicherem Abstand zu ermöglichen. Wie Bild 7 zeigt, besteht aus dieser Entfernung aufgrund der schlechten Sichtverhältnisse für den Walzenfahrer keine Möglichkeit, den Walzenlader über die Fernbedienung zu steuern.

Chancen für den internationalen Steinkohlenbergbau

Die entwickelte Technik bietet Chancen zur Verfahrensoptimierung für internationale Hochleistungsabbaubetriebe. Zu ihrer Einführung sind folgende Vorbereitungen zu treffen:

- Formulierung der Anforderungen.
- Konzepterstellung und Ausarbeitung der Feinplanung.
- Planung und Einrichtung des benötigten Raums.
- Aufbau einer geeigneten Organisation (Aufgaben und Zuständigkeiten).
- Anpassung der Visualisierungstools für den über- und unter-tägigen Einsatz.
- Abnahme vor Ort.
- Schulungen des Managements, der Bediener, Steuerstandfahrer und des weiteren Personals.
- Betreuung der Inbetriebnahme.
- Auf Wunsch des Betreibers Einbindung in ein ERP (Enterprise-Ressource-Planning) System.

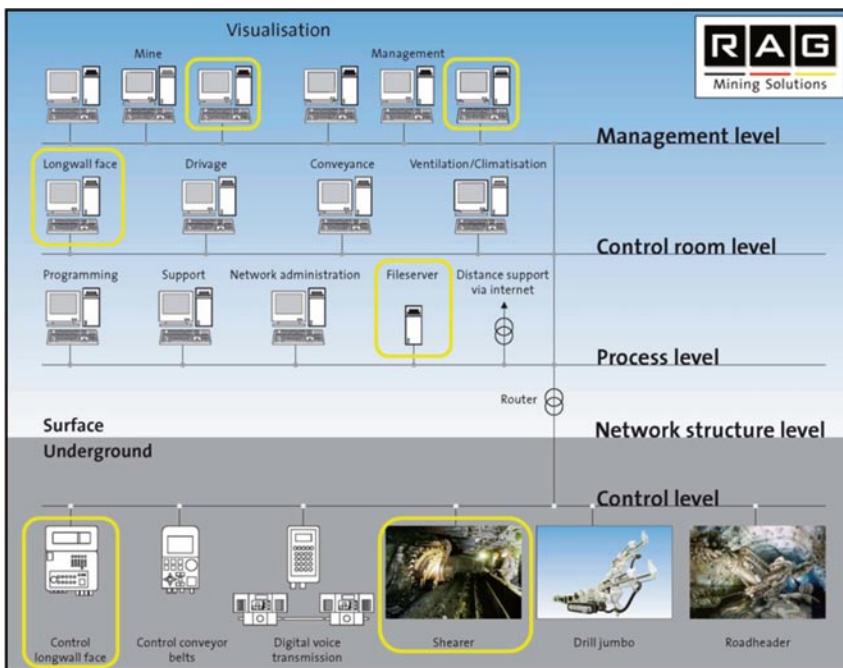


Fig. 8. Process diagram
Bild 8. Prozessschaubild

portunity for the process optimisation of high-performance coal faces around the world. The following arrangements have to be put in place before introducing an intelligent face automation system:

- Coordination of requirements.
- Concept development and detail planning.
- Planning and equipping of the operating space.
- Organisation (tasks and responsibilities).
- Adaptation of the visualisation tools for use above and below ground.
- Technical acceptance on-site.
- Training of management, operating personnel, control-room operators and other staff.
- Technical support during commissioning.
- Incorporation into an ERP (enterprise-resource-planning) system, if required by the client-operator.

On the basis of these preparatory arrangements the colliery will be able to manage the coal production process in line with the latest technology and derive all the benefits that result from it:

- High level of operating reliability.
- Efficient use of all machines and equipment.
- Coordinated manpower deployment.
- Operational monitoring based on the visualisation of all information that is relevant for the control station.
- Modular mine control system with interfaces that are matched to the operator network.
- Process analysis based on the provision of data in an ERP system (optional).

Integration into an existing control-room system calls for defined interfaces and a stable data connection between the underground workings and the mine surface. The modular design of the system makes it suitable as a performance upgrade for production faces at collieries that already operate control-room technology.

Auf Basis dieser Vorbereitung kann das Bergwerk den Gewinnungsbetrieb nach dem Stand der Technik betreiben und die daraus resultierenden Vorteile nutzen:

- Hohe Betriebssicherheit.
- Effizienter Einsatz aller Arbeitsmittel.
- Koordination des Personaleinsatzes.
- Betriebsüberwachung durch Visualisierung aller relevanten Informationen für den Steuerstand.
- Modulares Wartensystem mit angepassten Schnittstellen zum Betreiber Netzwerk.
- Optional eine Prozessanalyse durch Bereitstellung der Daten in einem ERP-System.

Die Integration in ein bestehendes Wartensystem erfordert definierte Schnittstellen sowie eine stabile Datenverbindung von unter nach über Tage. Durch ihren modularen Aufbau eignet sich diese Lösung zur Optimierung von Gewinnungsbetrieben von Bergwerken, die bereits über eine Wartentechnik verfügen.

Die nachträgliche Erweiterung um zusätzliche Module ist möglich. Sie können problemlos integriert werden, um schrittweise das gesamte Bergwerk zu optimieren. Alternativ – insbesondere bei Greenfield-Projekten – können alle Module des nachhaltigen Wartensystems von RAG Mining Solutions einschließlich der intelligenten Strebautomatisierung auch als Gesamtsystem eingesetzt werden. Das ermöglicht die Einrichtung einer Grubenwarte, ohne dass auf externe Software-Module zurückgegriffen werden muss.

Als Teil des nachhaltigen Wartensystems der RAG Mining Solutions ist die intelligente Strebautomatisierung bei der RAG Deutsche Steinkohle auf allen Systemebenen vollständig integriert. Diese Entwicklung basiert auf einer modernen Software-Architektur, bietet ein einheitliches Berichtswesen und dient so der Optimierung von Betriebssicherheit, Transparenz und Effizienz.

Das Prozessschaubild zeigt die Integration der intelligenten Strebautomatisierung auf allen Ebenen der Netzwerkstruktur (Bild 8).



Fig. 9. Control room at Prosper-Haniel colliery
Bild 9. Leitwarte auf dem Bergwerk Prosper-Haniel

Additional modules can also be installed to expand the application options. These can be integrated in order to optimise the overall colliery operations on a step-by-step basis. Alternatively, and especially in the case of greenfield projects, the entire package of modules developed for the RAG Mining Solutions self-sustaining control-room technology, including the intelligent face automation system, can also be installed on a total-system basis. This allows a mine control room to be set up without having to resort to external software modules. The specific benefits of this option are discussed below.

The intelligent face automation system is now fully integrated into all system levels at RAG collieries as part of the sustainable control-room technology provided by RAG Mining Solutions. This development, which is based on a modern software architecture, provides for a uniform reporting regime and is therefore a key element when it comes to optimising operational reliability, transparency and efficiency.

The process diagram in Figure 8 shows how the intelligent face automation system is integrated at all network levels. Its full integration into the RAG Mining Solutions self-sustaining control-room system therefore opens up possibilities that go beyond those afforded by the individual module:

- A management and information system in line with latest practice, based on 40 years of mining experience in improving and refining coal winning operations under difficult geological conditions at RAG mines.
- Lower training needs and easier instrument handling for real-time control and process execution.
- Manufacturer-neutral control using a uniform visualisation system.
- Standardised system with fewer interfaces for project management.
- Unified data structure makes for easier integration into an ERP system.

The combination of intelligent face automation and self-sustaining mine control technology is based on the concept of the 'control room of the future', a system that is already up and running at Prosper-Haniel colliery. Here the control personnel has a permanent overview of all operations and processes under way

Die vollständige Einbindung in das nachhaltige Wartensystem eröffnet Möglichkeiten, die über denen des Einzelmoduls liegen:

- Ein Führungs- und Informationssystem nach dem Stand der Technik, basierend auf der Bergbauerfahrung im Hinblick auf die Optimierung von Gewinnungsprozessen in schwierigen Lagerstätten auf den Bergwerken der RAG Aktiengesellschaft.
- Einen geringeren Schulungsbedarf und eine einfache Handhabung der Instrumente zur Echtzeitkontrolle und Prozesssteuerung.
- Eine herstellerunabhängige Kontrolle mit einheitlicher Visualisierung.
- Ein einheitliches System mit weniger Schnittstellen im Projektmanagement.
- Eine einfache Einbindung in ein ERP-System durch eine einheitliche Datenstruktur.

Die Kombination aus der intelligenten Strebautomatisierung und der nachhaltigen Wartentechnik basiert auf dem Konzept „Leitwarte der Zukunft“, welches auf dem Bergwerk Prosper-Haniel implementiert ist. Hier haben die Wartenfahrer permanent den Überblick über alle laufenden Prozesse über und unter Tage (Bild 9). Die daraus resultierenden umfangreichen Eingriffsmöglichkeiten unter Berücksichtigung der Maschinensicherheit bilden ein Alleinstellungsmerkmal dieser Technik.

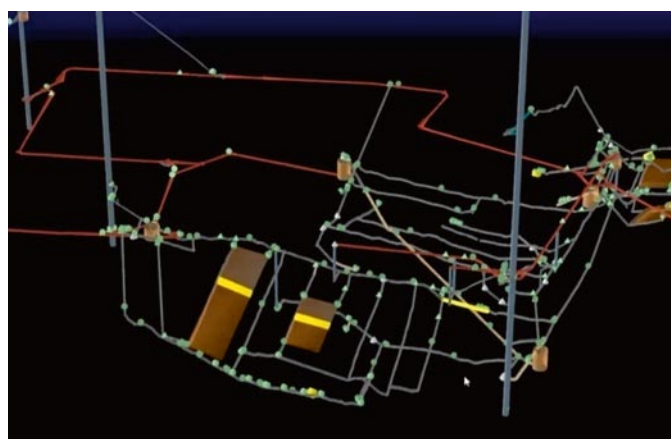


Fig. 10. 3D model of the mine workings
Bild 10. 3D-Modell des gesamten Grubengebäudes

above and below ground (Figure 9). The possibility of intervention anywhere and at any time, in compliance with prescribed machine safety standards, is one of the system's unique features.

As well as managing the coal winning process itself the self-sustaining control-room system is able to perform control actions based on a 3D model of the mine workings (Figure 10).

As well as providing a multi-language user interface in English, Russian, Polish and Chinese this 3D model can also be expanded to include material tracking and personnel location functions. Knowing the exact location of each member of the underground workforce constitutes a huge improvement to workplace safety and means that, if such a need should arise, rescue actions can be coordinated from the surface control room.

While this control-room technology has been designed for use at colliery level it is also suitable for the wider mining industry and for industrial applications.

Summary

When operating coal faces at deep levels a large degree of mining experience is needed in order to manage geological factors such as rock pressure and methane emissions as safe as possible.

The example discussed in the article concerns a longwall face in Zollverein 1/2 seam at the RAG-owned Prosper-Haniel colliery. The main challenges facing the production team, in addition to the high convergence rates predicted in the gate roads and the large quantities of dirt produced from the face, were the extremely high in-seam methane content and the affect that this would have on coal production. Preliminary gas drainage had already been considered necessary during the roadway drivage phase in order to minimise disruption to the winning process. The stress that this caused to the seam negatively affected the stability of the coal face and posed an additional risk for the face team.

For this reason an intelligent face automation system was developed for working Zollverein 1/2 seam that would enable the on-face operator to remain at a safe distance from the machine when cutting coal.

The intelligent face automation system combines all the incoming data from the winning machine, face conveyor and shield supports to generate a model of the coal winning process that is both retrospective and anticipatory. This allows analysis routines to be carried out in order to optimise the overall system. The visualisation options available to the system can be used to access, and if need be modify, the user interfaces for the control-room operator and the controlling instruments that are provided for all mine management levels.

On the basis of development work and wide-ranging tests carried out in preparation for its introduction in Zollverein 1/2 seam the intelligent face automation system has been so well designed and conceived that this concept can readily be transferred for use on other production faces. A critical feature of the system is that it can automatically run collision-free cutting profiles.

The control-panel display gives the operator control of the entire coal winning process and all downstream plant and equipment. He can therefore respond rapidly and in a targeted way to any critical situations that may develop. The technology is also able to pinpoint operational weaknesses, with the result that critical operating conditions can be prevented.

Darüber hinaus bietet das nachhaltige Wartensystem Kontrollmöglichkeiten auf Basis eines 3D-Modells des gesamten Grubengebäudes (Bild 10).

Das 3D-Modell besitzt eine mehrsprachige Benutzeroberfläche in Englisch, Russisch, Polnisch und Chinesisch und erlaubt Erweiterungen um Materialverfolgungs- und Personenortungsfunktionen. Die Kenntnis über den genauen Aufenthaltsort der Mitarbeiter unter Tage trägt in großem Maße zur Erhöhung der Arbeitssicherheit bei und erleichtert eine von über Tage koordinierte Rettungsaktion.

Die Wartentechnik ist nicht nur für den Steinkohlenbergbau, sondern auch für andere Bergwerke und industrielle Anwendungen geeignet.

Fazit

Das Betreiben von Strebbetrieben in großen Teufen erfordert umfangreiche Betriebserfahrungen zum sicheren Umgang mit geologischen Faktoren, insbesondere mit Gebirgsdruck und Methanerausgasung.

Bei dem im Beitrag dargestellten Beispiel handelt es sich um einen Strebbetrieb im Flöz Zollverein 1/2 auf dem RAG-Bergwerk Prosper-Haniel. Neben den prognostizierten starken Konvergenzen der Abbaubegleitstrecken und den zahlreichen Bergemitteln waren der sehr hohe Methangehalt des Flözes sowie dessen Auswirkungen auf den Abbau entscheidende Herausforderungen. Um Beeinträchtigungen im Gewinnungsprozess zu minimieren, war bereits bei der Streckenauffahrung eine Gasvorabsaugung erforderlich. Die dadurch verursachte Beanspruchung des Flözes wirkt sich negativ auf die Stabilität des Kohlenstoßes aus und stellt eine zusätzliche Gefahrenquelle dar.

Um unter diesen Bedingungen trotzdem einen sicheren Gewinnungsbetrieb gewährleisten zu können, wurde für den Abbau des Flözes Zollverein 1/2 eine intelligente Strebautomatisierung entwickelt. Sie gestattet dem Walzenfahrer bei Gefahr von Gasausbrüchen während des Schneidvorgangs den Aufenthalt in sicherem Abstand von der Maschine.

Die intelligente Strebautomatisierung ermöglicht durch Zusammenführung aller eingehenden Daten von Gewinnungsmaschine, Strebeförderer und Schildausbau die Modellierung des Gewinnungsvorgangs sowohl rückblickend als auch vorausschauend. Damit können Analysen zur Optimierung des Gesamtsystems erfolgen. Durch die Möglichkeiten zur Visualisierung können die Bedienoberflächen des Wartenfahrers und die Controllinginstrumente für alle Führungsebenen bereitgestellt und bedarfsgerecht angepasst werden.

Durch die Entwicklungsarbeit und umfangreiche Tests während der Vorbereitung auf den Abbau im Flöz Zollverein 1/2 wurde die intelligente Strebautomatisierung so weit ausgearbeitet, dass dieses Konzept auf andere Strebbetriebe übertragbar ist. Im Vordergrund der Entwicklungsarbeit stand das automatische Abfahren kollisionsfreier Schnittprofile.

Die Visualisierung der Profile im Steuerstand ermöglicht die Kontrolle über den gesamten Gewinnungsvorgang und alle nachgeschalteten Betriebsmittel. So sind schnelle und zielgerichtete Reaktionen auf kritische Situationen jederzeit möglich. Darüber hinaus werden Schwachstellen lokalisiert, wodurch wiederum kritische Betriebszustände vermieden werden können.

The intelligent face automation system can easily be incorporated into an existing mine control room. In the case of greenfield projects the self-sustaining control-room technology could also be used to set up a total system capable of covering all the different areas involved in the operation of the colliery. And whatever the application, the operator will always benefit from the following:

- Efficient production processes,
- cost optimisation,
- high levels of technical reliability and workplace safety and
- transparent processes.

Authors / Autoren

Mark Becker M. Sc.,
Dipl.-Ing. Philipp Martin,
Prof. Dr.-Ing. Martin Junker,
RAG Mining Solutions GmbH, Herne

Die intelligente Strebautomatisierung kann in eine bestehende Grubenwarte integriert werden. Für Greenfield-Projekte besteht außerdem die Möglichkeit, mit der nachhaltigen Wartentechnik ein Gesamtsystem zu implementieren, das Optimierungsoptionen für alle Bereiche des Bergwerks bietet. Für den Betreiber ergeben sich folgende Vorteile:

- Effiziente Produktionsprozesse,
- Kostenoptimierung,
- hohe Betriebs- und Arbeitssicherheit sowie
- transparente Prozesse.