

Digitisation in the Mining Industry: Networked Machines Making for Greater Efficiency

Industry 4.0 is now being introduced into the mining sector in an attempt to save valuable time and money. This helps speed up the workflow and improve safety standards at mines. The

following paper discusses the progress to be made in this area and what is already possible today.

Digitalisierung im Bergbau: Vernetzte Maschinen für mehr Effizienz

Um wertvolle Zeit und Kosten zu sparen, wird heute auch in der Bergbauindustrie das Konzept Industrie 4.0 angewendet. Hierdurch werden Arbeitsabläufe beschleunigt und die Sicherheit

in Betrieben gesteigert. Wie der Fortschritt in diesem Bereich aussieht und was alles bereits möglich ist, soll im folgenden Beitrag beschrieben werden.

Industry 4.0 in the mining sector: inventory of developments

While Industry 4.0 has already been successfully introduced into various branches of German industry and is part of an ongoing development process, it is still in its infancy as far as the mining sector is concerned. Although innovative technologies do exist for controlling machine-to-machine communications in the mining industry, Mining 4.0 still has a lot of catching up to do in this area. This situation can be attributed to the various challenges that the mining industry has had to face. Flagging productivity in spite of high levels of investment, high energy costs, increasingly strict environmental and safety regulations and longer transport paths are placing the industry in a precarious position. Yet companies have to achieve high rates of productivity if they are to remain competitive. This not only calls for high-grade equipment but also requires a simplification and speeding up of the operating processes. Mineral winning, transport and preparation all have to be automated if costs are to be kept to a minimum. And at the same time the extraction process must be organised in such a way that it has minimal impact on human health and the environment.

In order to introduce digitally controlled mining and tunneling operations, and hence to maximise profitability and safety, all deployed plant and equipment must be capable of communicating with one another and with the central data processing unit. This networking is achieved by means of intelligent sensors and actuators and special software, as well as via satellite or WLAN communication. Positive effects include not only increased productivity but also less machine downtime and reduced energy and personnel costs.

Industrie 4.0 im Bergbau: Eine Bestandsaufnahme

Während das Konzept Industrie 4.0 in verschiedenen Branchen der deutschen Wirtschaft bereits erfolgreich umgesetzt ist und weiter entwickelt wird, steckt es im Bergbausektor derzeit noch in den Kinderschuhen. Obwohl es bereits innovative Technologien zur Steuerung der Machine-to-Machine-Kommunikation für diesen Bereich gibt, hat der Bergbau 4.0 diesbezüglich noch Nachholbedarf. Dies liegt an den verschiedenen Herausforderungen, mit denen die Bergbauindustrie zu kämpfen hat. Nachlassende Produktivität trotz hoher Investitionen, hohe Energiekosten, gestiegene Umwelt- und Sicherheitsauflagen sowie längere Transportwege machen der Branche zu schaffen. Um wettbewerbsfähig zu bleiben, müssen die Unternehmen allerdings eine hohe Produktivität erzielen. Diese ist nicht nur mit hochwertigem Equipment, sondern auch mit einer Vereinfachung und Beschleunigung der Prozesse zu erzielen. Rohstoffgewinnung, Transport und Aufbereitung müssen zwecks Kostenminimierung automatisiert ablaufen. Gleichzeitig soll der Abbau die geringstmöglichen Folgen für Umwelt und Menschen haben.

Zur Umsetzung des digitalisierten Berg- und Tunnelbaus und damit verbunden der Maximierung der Profitabilität und Sicherheit müssen alle eingesetzten Maschinen untereinander und mit der zentralen Datenverarbeitungseinheit kommunizieren. Diese Vernetzung erfolgt über intelligente Sensoren und Aktoren, spezielle Software und via Satellit oder WLAN. Neben der Steigerung der Produktivität sind weitere positive Effekte eine Reduzierung der Stillstandszeiten sowie Energie- und Personalkosten.

Um den gegenwärtigen Herausforderungen wirksam zu begegnen, müssen Bergbauunternehmen ihre Arbeitsprozesse, die



Fig. 1. The digital mine. // Bild 1. Das digitale Bergwerk. Source/Quelle: Epiroc

If they are effectively to tackle the challenges now facing the industry mining companies need to introduce intelligent IT solutions to streamline their operating processes, which in many cases are still being controlled by human hand. The automotive industry is a good example of how process and cost optimisation can be achieved by employing automation solutions, special planning and applications software and centralised workstations. Automation in the mining industry ensures high technical reliability, efficiency and maximum operational availability, as potential faults can be identified well in advance by means of sensors and measuring devices so that impending problems can be addressed in a timely manner (predictive maintenance). These scalable and flexible control systems help improve output and also feature integral safety and energy management systems that can protect the mechanical equipment, the human operators and the environment. This of course is based on the prerequisite that they have access to all the mine data. The exchange of information between the machine systems below and above ground and the user panels and preparation plant, where applicable, takes place via reliable transmission standards and trouble-free networking devices. As the information emanating from all the different areas of the mine is collected centrally the operator is able to respond quickly to changing circumstances and to make the right decisions. It is possible, e.g., to call up the exact location and the fuel consumption of individual mining machines per measurement unit. The same applies when it comes to mechanical vibration and the precise determination of production flows. Moreover, the sensors are able to transmit the results of temperature and light measurements to the cloud platform. Maintenance technicians can avail themselves of special applications and websites to order spare parts and use their repair instructions to restore machines to full working order. The database compiled by digitisation plays a key role in better logistic decision-making.

Data storage is provided either by the company's own servers or by those of chosen service providers or is completely cloud based. Access to the data can be controlled by local or remote

heute vielerorts noch von Menschen gesteuert werden, mithilfe intelligenter IT-Lösungen verschlankt. Die Automobilindustrie ist ein gutes Beispiel dafür, dass die Prozess- und Kostenoptimierung unter Nutzung von Automatisationslösungen, spezieller Projektierungs- und Anwendungssoftware sowie zentralen Workstations machbar ist. Die Automatisierung in der Bergbauindustrie garantiert hohe technische Zuverlässigkeit, Effizienz und höchste Verfügbarkeit, weil mögliche Störungen bereits im Vorfeld über Sensoren und Messgeräte erkannt und rechtzeitig behoben werden können (vorausschauende Instandhaltung). Die skalierbaren, flexiblen Leitsysteme erhöhen den Output und verfügen darüber hinaus über integrierte Sicherheits- und Energiemanagementsysteme, welche die maschinelle Ausrüstung, Menschen und Umwelt schützen. Voraussetzung dafür ist natürlich, dass sie Zugriff auf sämtliche Bergwerksdaten haben. Der Datenaustausch zwischen der Maschinenteknik unter und über Tage sowie den Bedienpanels und ggf. Aufbereitungsanlagen erfolgt über zuverlässige Übertragungsstandards und störungsfrei arbeitende Netzwerkgeräte. Da die Informationen aus allen Bereichen des Bergbaubetriebs zentral zusammengefasst werden, ist der Betreiber imstande, zeitnah auf Veränderungen zu reagieren und die richtigen Entscheidungen zu treffen. So kann man beispielsweise den genauen Standort und den Kraftstoffverbrauch von Bergbaumaschinen pro Messeinheit abrufen. Ähnliches gilt für auftretende Vibrationen und die präzise Bestimmung der Fördermengen. Außerdem übermitteln die Sensoren die Ergebnisse von Temperatur- und Lichtmessungen an die Cloud-Plattform. Über spezielle Anwendungen und Websites können Wartungsmechaniker Ersatzteile ordern und Geräte mithilfe ihrer Reparaturanweisungen wieder funktionstüchtig machen. Die mittels Digitalisierung gewonnene Datenbasis trägt dazu bei, bessere logistische Entscheidungen zu treffen.

Die Datenspeicherung erfolgt entweder auf den eigenen Servern, denen bestimmter Dienstleister oder vollständig in der Cloud. Der Zugriff auf die Daten kann auf Wunsch als lokaler Zugriff oder Fernzugriff via World Wide Web geregelt sein. Die digitale Infrastruktur lässt sich außerdem noch um Mobilgeräte

means, or using the World Wide Web, as required. The digital infrastructure can also be extended further by means of mobile devices such as tablets and smartphones. Special safety solutions provide protection from data loss and manipulation. The potential risks of the “smart mine” (Figure 1), as experts now call it, can be set against the following benefits:

- Mobile equipment, the existing inventory of fixtures and the stock of end products can be better controlled and used by digital means.
- Continuous condition diagnosis in real-time helps avoid unscheduled machine downtimes and this in turn reduces maintenance costs.
- The use of smart energy management modules avoids excessive energy costs.
- The central database that is used jointly by all departments reduces the plant engineering costs.

It is clear that the benefits of this technology outweigh any of challenges that it may present.

Wide-ranging digital solutions are now available for every sector of the mining industry. Modern mining companies no longer have to dispatch their operators to a working place somewhere above or below ground, with Sweden, Finland and Australia current exponents of this. The self-propelled machines and mine robots that are operated from the control centre are now able to carry out potentially hazardous tasks associated with mineral winning and transport.

Current research and innovation

The Advanced Mining Technologies Institute (AMT) at RWTH Aachen University, Aachen/Germany, is currently running a research project that deals with the advancement of two key Industry 4.0 technologies that are used in the mining industry, namely infrared thermography (IR) and ultra-wideband radio technology (UWB) (1). The latter can operate as a substitute for GPS, which does not work below ground. UWB can be used to pinpoint the location of mining machines to an accuracy of 25 cm and then to direct them to other deployment locations. The IR cameras, which are set up outside the mine, are able to detect cracks in the roof strata of mine tunnels and galleries that could result in rockfalls at some point in the foreseeable future. These cameras can also supply reliable information on the composition of the material being extracted. However, if the ambitious targets set for digital mining and tunnelling operations are fully to become reality further research and development will be required into automation and sensor technology and shared interfaces will have to be created in order to overcome the current system boundaries.

Scientists at the Freiberg Mining Academy, Freiberg/Germany, are currently looking into the use of sensor networks for the deployment of mobile mining robots and the Internet of Things (IoT). The robots will be building the IoT-supported sensor system at the research mine and will then use it for their own navigation. The aim is to employ the on-board sensors to monitor potentially high-risk sections of the mine and to undertake environmental monitoring duties. Once this key step has been taken it will become possible to deploy robots to carry out all the underground

wie Tablets und Smartphones erweitern. Spezielle Sicherheitslösungen bieten Schutz vor Datenverlust und Manipulation. Im Folgenden werden die möglichen Risiken der „Smart Mine“, wie Experten das digitale Bergwerk (Bild 1) nennen, ihren Vorteilen gegenübergestellt:

- Die mobilen Geräte, das vorhandene Inventar und der Bestand an Endprodukten lassen sich digital besser kontrollieren und nutzen.
- Die ständigen Zustandsdiagnosen in Echtzeit tragen zur Vermeidung ungeplanter Maschinenausfallzeiten bei, was die Instandhaltungskosten verringert.
- Der Einsatz smarterer Energiemanagementmodule vermeidet überflüssige Energiekosten.
- Die von sämtlichen Abteilungen gemeinsam verwendete zentrale Datenbank reduziert die Kosten für das Engineering.

Es wird deutlich, dass die Vorteile gegenüber den Herausforderungen in dem Bereich überwiegen.

Mittlerweile gibt es für alle Bereiche des Bergwerks umfassende digitale Lösungen. Bereits heute schicken moderne Bergbauunternehmen ihre Bediener nicht mehr zu einem Unter- oder Über-tage-Arbeitsplatz, z. B. in Schweden, Finnland und Australien. Die vom Kontrollzentrum aus gesteuerten selbstfahrenden Maschinen und Bergwerksroboter erledigen den mit Gefahren verbundenen Abbau und Abtransport der Rohstoffe.

Aktuelle Forschung und Innovationen

Am Advanced Mining Technologies Institute (AMT) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule in Aachen gibt es derzeit ein Forschungsprojekt, das sich mit der Weiterentwicklung zweier in der Bergbauindustrie genutzter Industrie 4.0-Schlüsseltechnologien beschäftigt. Es handelt sich um die Infrarotthermografie (IR) und die Ultra-Wideband-Funktechnologie (UWB) (1). Letztere ist der Ersatz für die unter Tage nicht nutzbare GPS-Technologie. Mittels UWB lassen sich Bergbaufahrzeuge bis auf 25 cm genau lokalisieren und zu anderen Einsatzorten dirigieren. Die IR-Kameras spüren von außerhalb der Grube Risse in der Streckenfirste auf, die in absehbarer Zeit Steinschlag verursachen könnten. Darüber hinaus ermöglichen die Kameras zuverlässige Aussagen über die Zusammensetzung des abzubauenen Materials. Um die ehrgeizigen Ziele des digitalen Berg- und Tunnelbaus allerdings vollumfänglich Realität werden zu lassen, bedarf es noch weiterer Forschung und Entwicklung bei der Automation und Sensorik und die Überwindung von Systemgrenzen durch die Schaffung gemeinsamer Schnittstellen.

In Freiberg untersuchen Wissenschaftler der TU Bergakademie den Einsatz mobiler Bergbauroboter und des Internet of Things (IoT) mit Sensornetzwerken. Die Roboter sollen im Forschungsbergwerk die IoT-gestützte Sensorik aufbauen und sie danach für ihre eigene Navigation nutzen. Ziel ist es, die montierten Sensoren zur Überwachung potentiell gefährlicher Grubenabschnitte und für das Umweltmonitoring einzusetzen. Ist dieser wichtige Schritt erst einmal vollzogen, soll der Untertagebau vollständig mit Robotern bearbeitet werden. Im Rahmen des Projekts werden dann außerdem kleinere, aber schwer zugängliche Rohstoffvorkommen abgebaut.

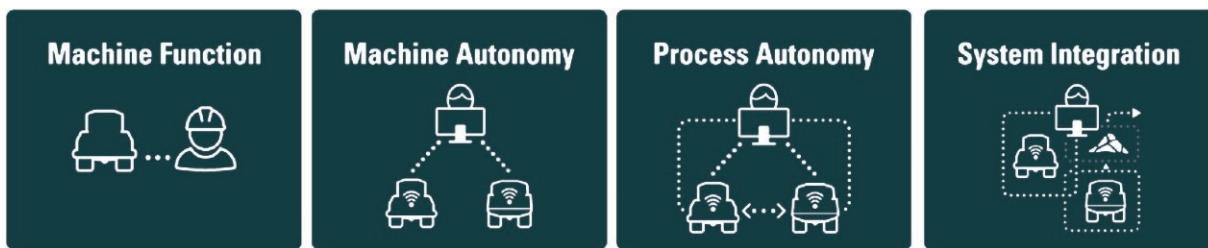


Fig. 2. The route to automation. // Bild 2. Schritte der Automatisierung. Source/Quelle: Epiroc

operations. This project will also target the extraction of smaller mineral zones that are difficult to access.

Sensors in the digital colliery

Mine operators use integrated sensors, which mainly transmit status data such as temperature and vibration levels, and environment sensors, which are exposed to extreme operating conditions and have to withstand water, dust, temperature fluctuations and explosions. These devices record the conditions present in the mine workings along with various key features and also track the positions of the working equipment and machines so as to prevent collisions and ensure normal working routines. The mining industry uses small, radio-linked sensors and low-energy units fitted with their own energy-efficient powerpacks. However, in spite of the advances made in sensor technology these devices are still not in widespread use. This is mainly due to the fact that many of the sites do not have the required M2M communication structure.

Those operations that already employ sensor technology generally use a fieldbus system for integration. The definition of engineering interfaces is of special significance here as these should be straightforward for members of staff to use and should also be combined with different sensor systems. The standardised Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) is the most suitable internet-based communication infrastructure between the various machines and items of equipment (Figure 2).

Certiq by Epiroc

Certiq, which is available in two different versions, is a telematics solution provided by Epiroc (formerly Atlas Copco). It is suitable for different kinds of underground and opencast mining and construction equipment that are networked together. Certiq collects all kinds of data on the activities of the vehicles and operating equipment, including distances covered and metres drilled, compares this information with the target status and transmits the results to the central server. The mine operator immediately receives an alarm message identifying any pieces of equipment whose technical operations are impaired and can then implement the required maintenance measures. Each alarm is listed along with the corresponding date and time so that the mine always knows well in advance when it is time to call in the service department. Information is also provided as to when the equipment needs to be moved to a different location and which personnel are scheduled for a training session.

The operator of the communications infrastructure is able to access the production data at any time and from any location

Sensoren im digitalen Bergwerk

Bergbaubetreiber verwenden in Geräten integrierte Sensoren, die hauptsächlich Daten über deren Zustand wie Temperatur und Vibrationen übermitteln, und Umfellsensoren. Letztere sind extremen Bedingungen ausgesetzt und müssen Wasser, Staub, Temperaturschwankungen und Explosionen standhalten. Sie erfassen den Zustand des Grubengebäudes und seine Merkmale sowie die Positionen von Arbeitsgeräten und Maschinen, um mögliche Kollisionen zu vermeiden und die normalen Arbeitsabläufe sicherzustellen. Die Bergbauindustrie verwendet kleine, funkvernetzte Sensoren und Niedrigenergie-Modelle, die mit eigenen energieeffizienten Powerpacks ausgestattet sind. Trotz der fortgeschrittenen Sensortechnologie werden sie aktuell noch nicht flächendeckend eingesetzt. Das liegt hauptsächlich daran, dass es vielerorts an der erforderlichen M2M-Kommunikationsstruktur mangelt.

Dort, wo sie bereits zum Einsatz kommen, integriert man sie mittels Feldbus. Der Definition von Engineering-Schnittstellen kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Sie sollen von verschiedenen Mitarbeitern unkompliziert genutzt und mit unterschiedlichen Sensoriksystemen kombiniert werden. Die genormte Open Platform Communications Unified Architecture (OPC UA) ist die geeignete internetbasierte Kommunikationsinfrastruktur zwischen unterschiedlichen Anlagen und Maschinen (Bild 2).

Certiq von Epiroc

Certiq heißt eine in zwei Versionen erhältliche Telematiklösung, die von Epiroc (ehemals Atlas Copco) angeboten wird. Sie ist für diverse Geräte geeignet, die im Tagebau und Untertagebergbau vernetzt arbeiten. Certiq sammelt sämtliche Daten über die Aktivitäten der eingesetzten Anlagen und Fahrzeuge, wie zurückgelegte Entfernungen und gebohrte Meter, vergleicht diese mit dem Sollzustand und übermittelt sie an den zentralen Server. Der Bergwerksbetreiber erfährt sofort per Alarm, bei welchen Gerätschaften der technische Ablauf gestört ist und kann die erforderlichen Wartungsmaßnahmen einleiten. Alle Alarme werden mit den zugehörigen Zeitangaben aufgelistet. So weiß man immer mit genügend Vorlauf, wann es Zeit ist, den Kundendienst einzuschalten. Außerdem wird darüber informiert, wenn das Equipment bewegt werden muss und welcher Mitarbeiter eine Schulung benötigt.

Der Betreiber der Kommunikationsinfrastruktur ist jederzeit und von jedem Ort aus imstande, auf die Produktionsdaten zuzugreifen und den Output seiner technischen Anlagen auf einem konstant hohen Niveau zu halten. Die benötigten Informationen werden ihm auf dem Certiq Internetportal, via Benachrichtigung



Fig. 3. Operating principle of the Certiq system. // Bild 3. Funktionsweise Certiq. Source/Quelle: Epiroc

and hence to maintain the output from his technical plant at a constantly high level. The required information is supplied via the Certiq internet portal, by notices posted on the smartphone or as excel files sent by e-mail. Certiq, along with the Mobilaris system that is designed for the deep mining and tunnelling industries, can be applied to most of the equipment manufactured by Epiroc. This includes equipment for drilling, loading, transport and underground ventilation, such as drilling machines, hydraulic rock hammers, trucks, loaders, fan systems and so on (Figure 3). The Mobilaris Mining Intelligence™ (MMI) decision support system is a kind of Google map for mining and tunnelling projects.

The innovative products provided by Epiroc and the extensive range of services it can deliver allow mine operators to increase the productivity, reliability and profitability of their commercial operations, reduce maintenance costs and significantly improve workplace safety standards. This interface can also operate in conjunction with third-party systems. The Epiroc special software can be used to produce reports based on simple production data and to organise drill-hole patterns. Epiroc also provides special software – the Dynamic Tunnelling Package (DTP) – for tunnel construction projects. This can by itself create the drill-hole pattern needed for the next ‘pull’ at the tunnelling site. To achieve this the operator only has to load the drilling rules file and the 3D tunnel outline onto the drilling machine via WiFi or USB. The DTP makes drilling a much simpler, more precise and more flexible operation. The drill-hole patterns can also be changed directly at the machine as and when required.

auf dem Smartphone oder per E-Mail verschickter Excel-Datei bereitgestellt. Certiq und auch das für den Untertage- und Tunnelbaubereich ausgelegte System Mobilaris lässt sich auf den Großteil der von Epiroc hergestellten Ausrüstungen anwenden. Dazu gehört das Equipment für Bohrarbeiten, für Beladung und Transport und die Belüftung von Untertage-Bergwerken, z. B. Bohrgeräte, Hydraulikhämmer, Trucks, Lader, Bewetterungssysteme etc. (Bild 3). Bei Mobilaris Mining Intelligence™ (MMI) handelt es sich um eine Art Google Map für Bergbau- und Tunnelbauprojekte.

Mithilfe der von Epiroc angebotenen, innovativen Produkte und des umfassenden Service kann der Bergwerksbetreiber die Produktivität, Sicherheit und Profitabilität seines Unternehmens steigern, die Wartungskosten verringern und die Betriebssicherheit deutlich erhöhen. Die Schnittstelle lässt sich auch mit Systemen anderer Hersteller verwenden. Mithilfe der Epiroc-Spezialsoftware können aus einfachen Produktionsdaten Berichte erstellt und Bohrpläne verwaltet werden. Für Tunnelbauprojekte bietet Epiroc eine spezielle Software namens Dynamic Tunnelling Package (DTP) an. Diese ist imstande, sich den Bohrplan für den jeweiligen Tunnelabschnitt vor Ort selbst zu erstellen. Dafür muss der Bediener lediglich eine Bohrregeldatei und die 3D-Tunnelzeichnung via WiFi oder USB auf das Bohrgerät laden. DTP macht das Bohren einfacher, präziser und flexibler. Die Bohrpläne lassen sich außerdem nach Bedarf direkt auf der Maschine verändern.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Niestroj, C.; Niedringhaus, C.; Nienhaus, K.: Development of an Underground Positioning System Based on the Ultra-Wideband Radio Technology. Mining Report Glückauf (153), Heft 1/2018; S. 69–76.

Author / Autor

Christel Füllenbach M.Sc., Business Line Manager Mining and Rock Excavation Service, Epiroc Deutschland GmbH, Essen/Germany