

# How Long Can Mining Operations Still Afford not to Automate? – An Assessment

Mining, like other branches of industry, has experienced the fourth industrial revolution in recent years. The transformation process from mechanized to automated raw material extraction has begun worldwide. Despite major initial challenges, some early adopters are already benefiting from the great po-

tential of digitization and automation in mining and are one step ahead of their competition. Companies that do not follow this trend will find it difficult in the long run to keep up economically with the pioneers of this future technology.

# Wie lange können es sich Grubenbetriebe noch leisten, nicht zu automatisieren? – Eine Einschätzung

Der Bergbau erfährt, wie auch andere Industriezweige, in den letzten Jahren die vierte industrielle Revolution. Weltweit hat der Transformationsprozess von einem mechanisierten zu einem automatisierten Rohstoffabbau begonnen. Trotz großer anfänglicher Herausforderungen profitieren bereits einige frühzeitige An-

wender vom großen Potential der Digitalisierung und Automatisierung im Bergbau und sind ihren Wettbewerbern einen Schritt voraus. Die Unternehmen, die diesem Trend nicht folgen, werden es auf Dauer schwer haben, wirtschaftlich mit den Pionieren dieser Zukunftstechnologie mitzuhalten.

## 1 Introduction

The saying “First to be the second” describes a wait-and-see attitude until a product is finally ready for the market, in order to then benefit from the advantages of the technology introduced without having paid the hardship by then. This more conservative mindset is often associated with mining. But although the first automated loaders and dump trucks successfully started their regular operations in mines around the world at the beginning of this millennium, no system in Germany has yet achieved this status.

As in other industries, e.g., the automotive industry, automation in mining has long since made its triumphant advance. Sandvik alone has already equipped more than 60 mines worldwide with products in the field of digitization and automation, and demand continues to grow rapidly. In Europe, too, especially in the Scandinavian countries and Ireland, automation systems are already helping to enable the operator to deliver safer, more productive, and ultimately more cost-efficient raw materials to remain competitive on the world market.

## 2 The mining industry drives autonomously

Sandvik won Codelco in Chile as its first customer for the automation of LHDs in 2005. Automine® has since become more and more the epitome of automation in mining. At the end of 2020, more than 500 Sandvik loaders and dump trucks were in automated use worldwide.

## 1 Einleitung

Die Redensart „First to be the second“ beschreibt ein abwartendes Verhalten bis zur endgültigen Marktreife eines Produkts, um dann als zweiter von den Vorteilen der eingeführten Technik zu profitieren, ohne das Lehrgeld bis dahin gezahlt zu haben. Diese eher konservative Denkweise wird oft mit dem Bergbau in Verbindung gebracht. Doch obwohl die ersten automatisierten Fahrlader und Muldenkipper schon Anfang dieses Jahrtausends erfolgreich ihren Regelbetrieb in Bergwerken rund um die Welt aufnahmen, erreichte in Deutschland bisher noch kein System diesen Status.

Wie auch in anderen Industrien, z.B. der Automobilindustrie, hat die Automatisierung im Bergbau schon seit langem ihren Siegeszug angetreten. Allein Sandvik hat global bereits mehr als 60 Bergwerke mit Produkten im Bereich der Digitalisierung und Automation ausgestattet und die Nachfrage ist weiterhin stark zunehmend. Auch in Europa, besonders in den skandinavischen Ländern sowie in Irland, tragen Automationssysteme bereits dazu bei, den Betreiber sicherer, produktiver und am Ende kosteneffizienter Rohstoffe fördern zu lassen, um somit am Weltmarkt wettbewerbsfähig zu bleiben.

## 2 Die Bergbauindustrie fährt autonom

Sandvik konnte mit Codelco in Chile bereits 2005 den ersten Kunden für die Automatisierung von Fahrladern gewinnen. Automine® wurde seitdem mehr und mehr zum Inbegriff für

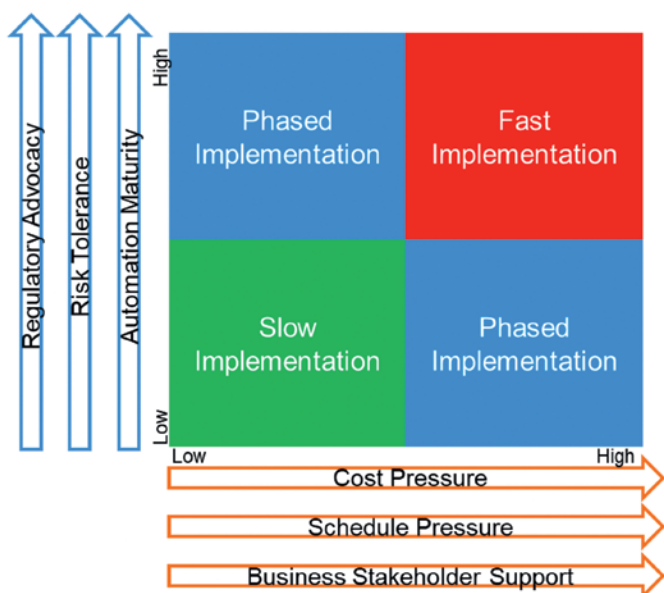


Fig. 1. Factors influencing the choice of implementation approach (2).  
Bild 1. Faktoren, welche die Wahl des Implementierungsansatzes beeinflussen (2).

All operators of an Automine® system have a great deal of curiosity and a willingness to introduce new technologies. However, the main reasons for adopting this technique vary from mine to mine. Initially, increasing security and the desire for increased productivity are usually in the foreground.

Glencore, e.g., operates the world's deepest base metal mine in Timmins, Ontario/Canada. The copper and zinc mine Kidd Operations has a depth of up to 3,000 m and the operators need more than 1 h travel time from the surface to the deepest stope. In addition to high temperatures, the high rock pressure develops seismic activity after blasting and the stopes cannot be kept open for long. Glencore chose Sandvik Automine® to safely and efficiently extract the highest possible tonnage under these challenging conditions (1).

Even if the conditions in every mine are not as extreme as in this example, the motivation for automation is similar in most operations. The duration of the introductory phase, however, is quite different. Figure 1 shows the dependency of the implementation time on various internal and external factors. The economic situation, support from supervisory authorities and in-house decision-makers, but also the willingness to take risks and the maturity of the mine with regard to automation issues play a role here (2).

The Northparkes block cave mine in Australia, e.g., was already working on the first automation systems in the 1990s, at that time still owned by Rio Tinto. After the change of ownership to China Molybdenum (CMOC), the first automated loaders were used in 2012. Ultimately, since 2015, all the LHDs used in the mine have been operated automatically from a control room (Figure 2).

A very fast implementation phase of the first automation system took place at the New Afton mine

Automatisierung im Bergbau. Ende 2020 waren weltweit schon mehr als 500 Sandvik-Fahrlader und -Muldenkipper im automatisierten Einsatz.

Alle Betreiber eines Automine®-Systems vereinen eine große Neugier und Bereitschaft, neue Technologien einzuführen. Die Hauptgründe für die Einführung dieser Technik variieren jedoch von Bergwerk zu Bergwerk. Anfänglich steht zumeist die Erhöhung der Sicherheit und der Wunsch nach ansteigender Produktivität im Vordergrund.

Die Firma Glencore betreibt z.B. in Timmins, Ontario/Kanada, die tiefste Basismetallgrube der Welt. Die Kupfer- und Zinkgrube Kidd Operations liegt in einer Teufe von bis zu 3.000 m und das Personal braucht von über Tage bis zum tiefsten Abbau mehr als 1 h Fahrzeit. Der hohe Gebirgsdruck sorgt neben hohen Temperaturen für seismische Aktivität nach dem Sprengen und die Abbaue können nicht lange offengehalten werden. Glencore entschied sich für Sandvik Automine®, um sicher und effizient eine möglichst hohe Tonnage unter diesen herausfordernden Bedingungen zu fördern (1).

Auch wenn die Bedingungen nicht in jedem Bergwerk so extrem sind wie bei diesem Beispiel, ist die Motivation zur Automatisierung doch in den meisten Betrieben ähnlich. Die Dauer der Einführungsphase verläuft hingegen durchaus unterschiedlich. In Bild 1 wird die Abhängigkeit der Implementierungsdauer von verschiedenen internen und externen Faktoren dargestellt. Hierbei spielen die wirtschaftliche Situation, die Unterstützung durch Aufsichtsbehörden und firmeninterne Entscheidungsträger, aber auch Risikobereitschaft und Reife des Bergwerks in Bezug auf Automatisierungsthemen eine Rolle (2).

Die Blockbruchbaugrube Northparkes in Australien beschäftigte sich beispielsweise bereits in den 1990er Jahren, damals noch im Besitz von Rio Tinto, mit ersten Automationssystemen. Nach dem Besitzerwechsel zu China Molybdenum (CMOC) wurden 2012 die ersten automatisierten Fahrlader eingesetzt. Seit 2015 werden letztendlich alle auf der Grube eingesetzten Fahrlader von einer Warte aus automatisiert betrieben (Bild 2).

Eine sehr schnelle Implementierungsphase des ersten Automationssystem erfolgte indes auf dem Bergwerk New Afton der Firma New Gold Inc. in Kanada. Der Blockbruchbaubetrieb ermög-



Fig. 2. CMOC control room for LHD automation (3).  
Bild 2. CMOC Grubenwarte für Laderaumatisierung (3).



licht zwar geringe Bergbaukosten, aber mit einem immer größer werdenden Block stieg die Gefahr durch Schlamm-einbrüche an den Abzugstrichtern stark an. Im Jahr 2016 wurde für 20% der Abzugstrichter ein hohes Risiko festgestellt, sodass an diesen Ladestellen aus Sicherheitsgründen auf ferngesteuertes Laden auf Sicht umgestellt werden musste. Diese Maßnahme verringerte jedoch die Tagesleistung signifikant. Nach einem einmonatigen Automine®-Test mit einem Sandvik LH514 Anfang 2017 entschied sich New Gold für den Einsatz von zwei automatisierten Sandvik LH410, von denen der erste Ende 2017 in Betrieb genommen wurde. Die Amortisationszeit dieser neuen Fahrlader wurde nach dem Automine®-Test

Fig. 3. Project overview Syama (5). // Bild 3. Projektübersicht Syama (5).

of New Gold Inc. in Canada. The block caving operation allows low mining costs, but with an ever-larger block, the risk of mud rushes at the draw points increased sharply. In 2016, 20% of the draw points were found to be at high risk, so that for safety reasons they had to switch to remote-controlled line-of-sight loading. However, this measure significantly reduced the daily output. After a month-long Automine® test with a Sandvik LH514 in early 2017, New Gold decided to use two automated Sandvik LH410s, the first of which was commissioned in late 2017. The payback time for these new loaders was estimated at 54 d after the Automine® test, which led to a very quick decision-making process (4).

The world's first fully automated gold mine started production in Mali in 2019. The Syama project of the company Resolute Mining was planned very early and without compromise as the "mine of the future". In addition to mine digitization with the aid of the Sandvik Optimine® system, automated production drill rigs, loaders and dump trucks are also used. The server-controlled traffic management system on one of the two ramps, which enables continuous trucking operation, 24 h/d, 7 d a week, can be seen as the heart of the overall automation (Figure 3). The dump trucks pass each other in niches on the ramp, are navigated underground using scanners and guided to the dumping point on surface using GPS navigation (5).

Even though most of the almost 50 Automine® projects to date are located in Australia and North America, this trend has also spread to Europe. The Swedish mining company Boliden uses Automine® systems in Sweden and Ireland. In the Irish zinc mine Tara, e.g., the first 63 t dump truck (TH663i) was put into automated operation in 2019 (6).

### 3 What else prevents mines from automation?

As shown in figure 1, there are various drivers that can influence the implementation of an automation project. However, the question arises as to why, despite the great potential of automation, many mining companies are still behaving in a wait-and-see manner. The answers seem to be complex; some approaches will be discussed below.

auf 54 Tage geschätzt, was zu einer sehr schnellen Entscheidungsfindung führte (4).

In Mali hat im Jahr 2019 das erste vollautomatisierte Goldbergwerk der Welt die Produktion aufgenommen. Das Syama-Projekt der Firma Resolute Mining wurde bereits sehr früh und ohne Kompromisse als „Bergwerk der Zukunft“ geplant. Neben der Grubendigitalisierung mit Hilfe des Sandvik Optimine®-Systems kommen automatisierte Produktionsbohrwagen, Fahrlader und Muldenkipper zum Einsatz. Als Herzstück der Gesamtautomatisierung kann hierbei das servergesteuerte Verkehrsmanagementsystem auf einer der beiden Rampen angesehen werden, welches einen kontinuierlichen Förderbetrieb, 24 h/d und 7 d pro Woche, ermöglicht (Bild 3). Die Muldenkipper passieren sich hierbei in Nischen auf der Rampe, werden unter Tage über Scanner navigiert und über Tage über GPS Navigation zur Abkipfstelle geleitet (5).

Auch wenn sich in Australien und Nordamerika die meisten der bisher knapp 50 Automine®-Projekte befinden, hat dieser Trend ebenfalls Europa erfasst. So setzt der schwedische Bergbaukonzern Boliden Automine®-Systeme in Schweden und Irland ein. In der irischen Zinkgrube Tara wurde im Jahr 2019 z.B. der erste 63 t-Muldenkipper (TH663i) automatisiert in Betrieb genommen (6).

### 3 Was hält Bergbaubetriebe noch von der Automation ab?

Wie in Bild 1 dargestellt, gibt es verschiedene Treiber, welche die Implementierung eines Automationsprojekts beeinflussen können. Jedoch stellt sich die Frage, warum sich trotz des großen Potentials der Automatisierung, viele Bergbaubetriebe immer noch abwartend verhalten. Die Antworten scheinen vielschichtig zu sein, nachfolgend sollen einige Ansätze diskutiert werden.

#### 3.1 IT-Voraussetzungen und Cyber Security

Die Informationstechnik hat in Bergbauunternehmen seit langem auf vielen Ebenen Einzug gehalten. ERP-Systeme vereinfachen die Ressourcenplanung und Verwaltung von internen Prozessen und IoT-Lösungen helfen, Daten aufzunehmen und sinnvoll zu nutzen. Auch unter Tage nimmt die Zahl von Anwendungen zu. Die Anbindung von Bergbaumaschinen zur Erhebung von Tele-



### 3.1 IT requirements and cyber security

Information technology has long found its way into mining companies on many levels. ERP systems simplify resource planning and management of internal processes and IoT solutions help to record data and use it sensibly. The number of applications is also increasing underground. The connection of mining machines for the collection of telemetry data, e.g., through “My Sandvik Productivity”, does not require permanent Wi-Fi coverage. Through a selective installation, e.g., at the dumping point, machine data can be viewed and evaluated via the Internet. The data transfer takes place with the same security as with online banking, so that the risk of hacker attacks can generally be assessed as low. However, the operator, in cooperation with the provider, must create the IT prerequisites to be able to set up secure data access without conflicts with the firewall or fundamental questions of the General Data Protection Regulation.

To allow loaders or dump trucks to tram autonomously through the mine, permanent Wi-Fi coverage must be met, and the data transmission must meet certain requirements in terms of bandwidth, variance and latency. Many mines are not yet equipped accordingly, so that, on the one hand, high investments are required depending on the size and complexity of the mining areas. On the other hand, intensive cooperation with the local IT department is necessary to enable a smooth introduction.

### 3.2 Staff capacity

The IT departments in mining companies traditionally have little to do with underground processes, but rather deal with ERP systems, financial issues, server structures and other non-mining-specific tasks. The inclusion of IT specialists is becoming more and more necessary due to the introduction of IoT solutions underground. However, since many companies have not yet set up any IT capacities for underground operations, the introduction of complex automation systems is often difficult. An “IT foreman” who oversees all digitization and automation projects and acts as an interface between IT and, mining and engineering department, would make sense in many companies.

### 3.3 Application-specific concerns

To be able to introduce a new technology, its principles, advantages and disadvantages compared to the existing system must be understood. Since mining processes are usually comparable to those of other projects, but still show differences, both the project-specific risk and the potential of the investment must be assessed in order to be able to make a decision for or against an automation project. Visits to other mines as well as time and comparative studies can help here. However, if there are still no positive references in automation for a particular mining method, only a trial operation such as at the New Afton mine (see above) can provide certainty about productivity and efficiency. There are, e.g., numerous references for caving and stoping operations. There are no Automine® projects in room & pillar mining. The pre-installation of access points is a challenge, especially in the rapidly advancing room & pillar operations in salt and potash mining. However, this is countered by the great potential of generating additional loading time over shift changes, especially in case of long tramming distances.

metriedaten, z.B. durch My Sandvik Productivity, setzt keine permanente WLAN-Abdeckung voraus. Durch eine punktuelle Installation, z.B. an der Kippstelle, können somit Maschinendaten über das Internet eingesehen und ausgewertet werden. Die Datenübertragung erfolgt hierbei mit der gleichen Sicherheit wie beim Online-Banking, sodass die Gefahr von Hackerangriffen generell als gering eingeschätzt werden kann. Der Betreiber muss jedoch in Zusammenarbeit mit dem Anbieter die IT-Voraussetzungen schaffen, um einen sicheren Datenzugriff ohne Konflikte mit der Firewall oder grundsätzlichen Fragen der Datenschutzgrundverordnung einrichten zu können.

Um Fahrlader oder Muldenkipper autonom durch die Grube fahren zu lassen, muss eine permanente WLAN-Abdeckung erfüllt sein, und die Datenübermittlung hat bestimmten Voraussetzungen in Bezug auf Bandbreite, Varianz und Latenz zu entsprechen. Viele Gruben sind noch nicht dementsprechend ausgerüstet, sodass je nach Größe und Komplexität der Reviere zum einen hohe Investitionen erforderlich sind, zum anderen ist eine intensive Kooperation mit der lokalen IT-Abteilung vonnöten, um eine reibungslose Einführung ermöglichen zu können.

### 3.2 Personalkapazität

Die IT-Abteilungen in Bergbauunternehmen haben traditionell nicht viel mit untertägigen Prozessen zu tun, sondern beschäftigen sich eher mit ERP-Systemen, Finanzthemen, Serverstrukturen und anderen nicht bergbauspezifischen Aufgaben. Die Einbeziehung von IT-Spezialisten wird aber durch die Einführung von IoT-Lösungen unter Tage immer öfter notwendig. Da in vielen Unternehmen jedoch noch keine IT-Kapazitäten für den Untertagebetrieb eingerichtet wurden, stellt sich die Einführung von komplexen Automationssystemen oft schwierig dar. Ein „IT-Steiger“, der sich federführend um alle Digitalisierungs- und Automationsprojekte kümmert und als Schnittstelle zwischen IT-, Bergbau- und Technikabteilung fungiert, wäre in vielen Betrieben sinnvoll.

### 3.3 Anwendungsspezifische Bedenken

Um eine neue Technik einführen zu können, müssen deren Grundsätze, Vor- und Nachteile gegenüber dem bestehenden System verstanden werden. Da Bergbauprozesse zwar meistens vergleichbar mit denen von anderen Projekten sind, aber dennoch Unterschiede aufweisen, müssen sowohl das projektspezifische Risiko als auch das Potential der Investition bewertet werden, um eine Entscheidung für oder gegen ein Automationsprojekt treffen zu können. Hierbei können Befahrungen anderer Bergwerke sowie Zeit- und Vergleichsstudien helfen. Wenn es jedoch noch keine positiven Referenzen der Automation für eine bestimmte Bergbaumethode gibt, kann nur ein Versuchseinsatz wie im Bergwerk New Afton (s. o.) Gewissheit bezüglich der Produktivität und Effizienz geben. Für den Betrieb im Bruch- und Weitungsbau gibt es z.B. zahlreiche Referenzen, im Kammerpfeilerbau gibt es noch keine Automine®-Projekte. Speziell im schnell voranschreitenden Kammerpfeilerbau im Salz- und Kalibergbau ist der Vorbau von Access Points eine Herausforderung. Dem steht jedoch das große Potential entgegen, gerade bei langen Fahrwegen zusätzliche Ladezeit über Schichtwechsel zu generieren.



Fig. 4. Automated loading from a distance of 1,000 km (7). // Bild 4. Automatisiertes Laden aus 1.000 km Entfernung (7).

#### 4 “War for Talents” – the biggest challenge

The requirement profiles for technical personnel in mining operations are increasingly changing at various levels due to digitization and automation. The knowledge of IT experts is also becoming more and more important underground to meet the state of the art. However, the mining industry competes with many other industries for this demand. There is a large selection of interesting activities for graduates in computer science or similar subjects, and many potential employers have their branches in attractive large cities. However, mines are where the deposits are found and are not infrequently far away from metropolitan areas. As a result, the challenge facing mining companies in the “War for Talents” is sometimes even greater than in other industries.

Mining operators and contractors who introduce digitization and automation will become increasingly interesting for graduates and thus significantly increase their chances in the battle for talents. A good example of this is the Australian, global mining contractor Barmingo. In December 2019, Barmingo successfully tested the operation of an Automine® Tele-Remote system in the Nova Nickel Mine from the Barmingo headquarters in Perth, 1,000 km away (Figure 4).

The control takes place via an internet connection instead of fiber optic cables. The Barmingo Remote Operating Center (BROC) will give the contractor and its customers the opportunity to react quickly to changing requirements and to optimize productivity and efficiency. In addition, it puts Barmingo in the position of being able to respond to the increased expectations of the staff regarding a more family-friendly workplace through innovative shift models. If more and more machines can be operated from an office in a big city and thus fewer staff have to be flown to remote locations for weeks or decades, this could result in better satisfaction and health of the staff in addition to cost savings.

Rio Tinto, the government of Western Australia and South Metropolitan TAFE (a registered training organization) started a joint training program in the field of automation in 2019 with the award of a certificate for “Autonomous Control and Remote Operations”. Rio Tinto supports the program with 2 M AUS\$ and registered 30 employees to participate in order to be better equipped for the tasks ahead (8).

The profile of some groups of employees in the mining sector will change in contrast to today. As operators of large machines,

#### 4 „War for Talents“ – die größte Herausforderung

Die Anforderungsprofile für technisches Personal in Bergbaubetrieben verändert sich durch die Digitalisierung und Automatisierung zunehmend auf verschiedenen Ebenen. Die Kenntnisse von IT-Experten werden auch unter Tage immer wichtiger, um dem Stand der Technik gerecht zu werden. Die Bergbauindustrie steht bezüglich dieses Bedarfs aber im Wettbewerb mit vielen anderen Industriezweigen. Die Auswahl an interessanten Tätigkeiten für Absolventen der Informatik oder ähnlichen Studienfächern ist groß und viele potentielle Arbeitgeber haben ihre Niederlassungen in attraktiven Großstädten. Bergwerke sind jedoch dort, wo die Lagerstätten vorgefunden werden und liegen nicht selten weit abseits von Metropolregionen. Dadurch ist die Herausforderung der Bergbauunternehmen im „War for Talents“ teilweise noch größer als in anderen Branchen.

Bergbaubetreiber und Unternehmer, die Digitalisierung und Automatisierung einführen, werden für Absolventen zunehmend interessanter werden und somit ihre Chancen im Kampf um Talente maßgeblich erhöhen. Ein gutes Beispiel hierfür ist der australische, global tätige Bergbauunternehmer Barmingo. Im Dezember 2019 testete Barmingo erstmals erfolgreich den Betrieb eines Automine® Tele-Remote-Systems in der Nova Nickel Mine von der 1.000 km entfernten Barmingo-Zentrale in Perth (Bild 4).

Die Steuerung erfolgt hierbei über eine Internetverbindung anstatt über Glasfaserkabel. Das Barmingo Remote Operating Centre (BROC) wird dem Unternehmer und seinen Kunden die Möglichkeit geben, schnell auf veränderte Anforderungen reagieren zu können und Produktivität und Effizienz zu optimieren. Außerdem versetzt es Barmingo in die Lage, durch innovative Schichtmodelle auf gestiegene Erwartungen des Personals bezüglich eines familienverträglicheren Arbeitsplatzes eingehen zu können. Wenn zunehmend Maschinen von einem Büro in einer Großstadt betrieben werden können und somit weniger Personal für Wochen oder Dekaden in entlegene Orte geflogen werden muss, könnte neben einer Kostenersparnis auch eine bessere Zufriedenheit und Gesundheit des Personals die Folge sein.

Rio Tinto, die Regierung von Westaustralien und South Metropolitan TAFE (eine registrierte Ausbildungsorganisation) starteten 2019 ein gemeinsames Ausbildungsprogramm im Bereich der Automatisierung mit Vergabe eines Zertifikats für „Autonomous Control and Remote Operations“. Rio Tinto unterstützt das Programm mit 2 Mio. AUS-\$ und meldete 30 Mitarbeiter für die



Fig. 5. Young gamers at Gamescom 2019 (10).

Bild 5. Jugendliche Spieler auf der Gamescom 2019 (10).

computer-savvy employees will be required because of the automation trend, who control or observe one or more machines from a mine control room (see figures 2 and 4). Mining companies will have to deal with new strategies to find people with the right skills. Young people, for whom computer games and game consoles are part of everyday life, could be considered for these tasks. Worldwide, e.g., there are now 250 M registered users of the first-person shooter game “Fortnite” (9) and the number of visitors to the Gamescom computer game fair is increasing every year (Figure 5).

It can therefore be assumed that apart from the required academics, there would also be technical operating personnel who are willing and knowledgeable to control automated vehicles. Modern training options, e.g., simulators, should be provided by the mining company and OEM for further education.

## 5 What value is in automation for the mining company?

The mining companies that have already taken the path towards automation have chosen it for a variety of reasons. However, all of them report successes in the four major areas of increasing productivity, maximizing the utilization of processing and equipment, reducing costs, and increasing safety for the miners.

About the Syama project in Mali, Resolute Mining reports that it has invested 15 M US\$ in the automation of drilling rigs, loaders, and dump trucks. The monetary effect of automation is noticeable with a cost reduction of 135 US\$ per ounce of gold (11). Increased productivity essentially results from continuous, 24 h/d loading operation, less downtime, uniform production, fewer points of attack, optimized monitoring, and the given scalability of the system to more machines per control system. The cost reduction results from a lower frequency and intensity of damage, a smaller fleet and thus a lower upfront investment. The mine has resources of 8.2 and reserves of 3.4 M ounces of gold and projected annual production of 300,000 ounces per year (5). This results in a savings potential of approximately 40.5 M US\$/a through automation. If both the proven reserves and the indicated resources are found and

Teilnahme an, um besser für die kommenden Aufgaben gerüstet zu sein (8).

Das Profil einiger Mitarbeitergruppen im Bergbau wird sich im Gegensatz zu heute ändern. Als Bediener von Großmaschinen werden infolge des Automatisierungstrends computeraffine Mitarbeiter benötigt werden, die von einer Grubenwarte eine oder mehrere Maschinen steuern bzw. observieren (s. Bilder 2 und 4). Bergbauunternehmen werden sich mit neuen Strategien beschäftigen müssen, Mitarbeiter mit den richtigen Qualifikationen zu finden. Junge Menschen, für die Computerspiele und Spielkonsolen zum Alltag gehören, könnten für diese Aufgaben in Betracht kommen. Weltweit gibt es z.B. mittlerweile 250 Mio. registrierte Nutzer des Ego-Shooter-Games „Fortnite“ (9) und die Besucherzahlen auf der Computerspielmesse Gamescom steigen jährlich an (Bild 5).

Es kann also davon ausgegangen werden, dass abgesehen von den benötigten Akademikern auch technisches Bedienpersonal zu finden sein müsste, welches die Bereitschaft und Kenntnisse mitbringt, automatisierte Fahrzeuge zu steuern. Zur Weiterbildung sollten durch Betreiber und OEM moderne Trainingsmöglichkeiten, z.B. Simulatoren, bereitgestellt werden.

## 5 Welcher Wert liegt für den Betreiber in der Automation?

Die Bergbaubetriebe, die bereits den Weg in Richtung Automation gegangen sind, haben diesen durchaus aus unterschiedlichen Gründen eingeschlagen. Alle berichten jedoch von Erfolgen in den vier großen Bereichen Produktivitätssteigerung, Maximierung der Auslastung von Aufbereitung und Equipment, Kostenreduzierung und erhöhter Sicherheit für die Bergleute.

Resolute Mining berichtet bezüglich des Syama-Projekts in Mali davon, 15 Mio. US-\$ in die Automation von Bohrgeräten, Fahrladern und Muldenkippern investiert zu haben. Der monetäre Effekt der Automation macht sich mit einer Kostenreduktion von 135 US-\$ pro Unze Gold bemerkbar (11). Eine erhöhte Produktivität ergibt sich im Wesentlichen durch einen kontinuierlichen, 24-stündigen Ladebetrieb am Tag, weniger Ausfallzeiten, gleichmäßige Produktion, weniger Angriffspunkte, ein optimiertes Monitoring und die gegebene Skalierbarkeit des Systems auf mehr Maschinen pro Steuersystem. Die Kostenreduktion ergibt sich aus einer geringeren Schadenshäufigkeit und -intensität, einer kleineren Flotte und einer somit geringeren Vorabinvestition. Das Bergwerk verfügt über Ressourcen von 8,2 und Reserven von 3,4 Mio. Unzen Gold und die geplante Jahresproduktion liegt bei 300.000 Unzen pro Jahr (5). Somit ergibt sich pro Jahr ein Einsparungspotential von ca. 40,5 Mio. US-\$ durch die Automation. Sollten sowohl die nachgewiesenen Reserven als auch die indizierten Ressourcen über den Lebenszyklus der Grube vorgefunden und abgebaut werden, ergäbe sich ein gesamtes Einsparungspotential gegenüber manueller Equipmentbedienung von mehr als 1,5 Mrd. US-\$.

Das Syama-Projekt setzt globale Maßstäbe für die Automation von Bergbauequipment. Da die komplette Automatisie-



mined over the life cycle of the mine, there would be a total savings potential of more than 1.5 bn US\$ compared to manual equipment operation.

The Syama project sets global standards for the automation of mining equipment. Since the complete automation of the mine was already considered in the planning phase, the project can also take full advantage of almost all the advantages of this new technology. But other projects also publish great, and above all quick, successes in the use of automated mining machines.

In Kidd Creek, Glencore has been able to increase the number of effective production hours of the loaders by approximately 30% and the utilization of each individual loader by 12% since the introduction of the Automine® system. As a result, the fleet could be reduced by three vehicles (1).

CMOC's prestige project Northparkes has been able to increase production by around 20% in its E48 block construction since the deployment of a fleet of six automated 14 t loaders (five electric, one diesel-powered) in 2015. The daily productivity of the loader was increased by 24%, the costs were reduced by 23%/t. In addition, frequent head injuries to the operator could be eliminated (3).

The New Afton mine (New Gold Inc.) has also had considerable successes since the introduction of the Automine® system. With a tramming distance of approximately 100 m from the draw point to the ore path, automatic tramming can be carried out 60% faster than when operating with a line-of-sight radio remote control. In addition, previous violent damage costs averaged 10,000 US\$ per month could be saved. The service life of the tires could also be increased by approximately 30% (4).

All projects in which Automine® systems have been used so far have been able to significantly optimize productivity, machine utilization and mining costs. An improvement in the relevant performance indicators in double-digit percentages and a resulting reduction in the required fleet are quite common here. In addition, after approximately 3 million Automine® operating hours, no reportable accident is known.

## 6 Conclusions and outlook

The machine technology itself is constantly being further developed and optimized in terms of safety, productivity, and efficiency. However, further potential can only be exploited if the availability and utilization of machines in previous dead times, e.g., during shift changes and breaks, are made available. The use of automation is a necessary condition for this.

While the whole world is following and discussing the possible use of fully automatic vehicles in public road traffic in a very differentiated manner, the mining industry should make even greater use of the advantage of controllable underground work areas for the introduction of automated driving. In times of a general shortage of skilled workers, this innovation boost could continue to help promote the interest of young skilled workers in the mining industry in Germany in the future.

The automation of mining machines is no longer a vision, but a reality and state of the art. The introduction of this technology should be carefully checked and planned to gradually integrate it profitably into the largely manual operation of

des Bergwerks bereits in der Planungsphase berücksichtigt wurde, kann das Projekt auch nahezu alle Vorteile dieser neuen Technologie zur Gänze nutzen. Aber auch andere Projekte veröffentlichten große und vor allem schnelle Erfolge beim Einsatz von automatisierten Bergbaumaschinen.

Glencore konnte in Kidd Creek seit Einführung des Automine®-Systems die Anzahl der effektiven Produktionsstunden der Lader um ca. 30% und die Ausnutzung jedes einzelnen Laders um 12% steigern. Resultierend daraus konnte die Flotte um drei Fahrzeuge reduziert werden (1).

CMOCs Prestigeprojekt Northparkes konnte in seinem Blockbruchbau E48 seit dem Einsatz einer Flotte von sechs automatisierten 14 t-Fahrladern (fünf elektrisch, einer dieselbetrieben) im Jahr 2015 die Förderung um ca. 20% erhöhen. Die tägliche Produktivität der Fahrlader konnte um 24% gesteigert, die Kosten konnten um 23%/t reduziert werden. Zusätzlich konnten zuvor häufiger auftretende Kopfverletzungen der Bediener komplett eliminiert werden (3).

Das Bergwerk New Afton (New Gold Inc.) konnte seit Einführung des Automine®-Systems ebenfalls beachtliche Erfolge präsentieren. Bei einer Fahrdistanz von ca. 100 m vom Abzugstrichter zum Rollloch kann automatisiert 60% schneller gefahren werden als beim Betrieb mit einer Funkfernbedienung auf Sicht. Des Weiteren konnten frühere Kosten für Gewaltschäden von durchschnittlich 10.000 US-\$ pro Monat eingespart werden. Die Lebenszeit der Reifen ließ sich zudem um ca. 30% steigern (4).

Alle Projekte, bei denen bisher Automine®-Systeme eingesetzt wurden, konnten die Produktivität, Maschinenauslastung und Bergbaukosten maßgeblich optimieren. Eine Verbesserung der maßgeblichen Leistungsindikatoren in zweistelligen Prozentzahlen und eine resultierende Verkleinerung der benötigten Flotte sind hierbei durchaus üblich. Zudem ist auch nach ca. 3 Mio. Automine®-Betriebsstunden noch kein meldepflichtiger Unfall bekannt.

## 6 Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Maschinenteknik selbst wird permanent weiterentwickelt und in Bezug auf Sicherheit, Produktivität und Effizienz optimiert. Doch nur, wenn die Verfügbarkeit und Auslastung von Maschinen in bisherigen Totzeiten, z.B. während Schichtwechsel und Pausen, nutzbar gemacht wird, können weitere Potentiale ausgeschöpft werden. Hierfür ist der Einsatz von Automatisierung eine notwendige Bedingung.

Während die ganze Welt sehr differenziert den möglichen Einsatz von vollautomatischen Fahrzeugen im öffentlichen Straßenverkehr verfolgt und diskutiert, sollte die Bergbauindustrie noch stärker den Vorteil kontrollierbarer untertägiger Arbeitsbereiche zur Einführung eines automatisierten Fahrbetriebs nutzen. In Zeiten des allgemeinen Fachkräftemangels könnte dieser Innovationsschub weiterhin helfen, in Zukunft auch in Deutschland das Interesse von jungen Fachkräften an der Bergbauindustrie zu fördern.

Die Automatisierung von Bergbaumaschinen ist schon lange keine Vision mehr, sondern Realität und Stand der Technik. Die Einführung dieser Technologie sollte gewissenhaft geprüft und geplant werden, um sie nach und nach gewinnbringend in den weitestgehend manuellen Betrieb eines Bergwerks zu integrieren.

a mine without hindering established processes. In the long term, however, there will be no getting around this development.

The longer mining companies wait to introduce automation, the longer they forego being able to exploit the enormous potential of this future technology compared to their competitors day after day.

#### References / Quellenverzeichnis

- (1) Miller, M. (2016): Deep dive (online). Verfügbar auf <https://solidground.sandvik/>, abgerufen: 23.12.2019.
- (2) Global Mining Guidelines Group (GMG) (2019): Guideline for the Implementation of Autonomous Systems in Mining (online). Verfügbar auf <https://gmgroup.org/>, abgerufen: 23.12.2019.
- (3) Australian Mining (2019): Automation pays off for Northparkes (online). Verfügbar auf [www.australianmining.com.au](http://www.australianmining.com.au), abgerufen: 22.12.2019.
- (4) Gourley, E. (2019): Block cave economics (online). Verfügbar auf <https://solidground.sandvik/>, abgerufen: 28.12.2019.
- (5) Welborn, J. (2019): Mine Gold. Create Value. Mines and Money, London, 26. November 2019.
- (6) Small, J-P. (2019): Automation transformation (online). Verfügbar auf <https://solidground.sandvik/>, abgerufen: 28.12.2019.
- (7) Barmenco (2019): Barmenco successfully pilots Remote Operations Centre – BROCC (online). Verfügbar auf [barmenco.com.au](http://barmenco.com.au), abgerufen: 23.12.2019.
- (8) Australian Mining (2019): Rio Tinto launches Australian-first automation qualification (online). Verfügbar auf [www.australianmining.com.au](http://www.australianmining.com.au), abgerufen: 22.12.2019.
- (9) Taylor, D. B.; Chokshi, N. (2019): This Fortnite World Cup Winner Is 16 and \$3 Million Richer. In: The New York Times, 29. Juli 2019 (Section B), S. 7.
- (10) Euronics (2019): Unsere Highlights der Gamescom 2019 (online). Verfügbar auf <https://trendblog.euronics.de>, abgerufen: 01.01.2020.
- (11) Australian Mining (2019): Remote mining operations on remote control (online). Verfügbar auf [www.australianmining.com.au](http://www.australianmining.com.au), abgerufen: 22.12.2019.

#### Author / Autor

Dipl.-Ing. André Jakobs, Business Development and Account Director Northern Europe, Sandvik Mining and Rock Technology, Essen/Germany