

The Introduction of Battery-Electric Mining Equipment – Opportunities and Risks

The requirements for the realization of greenfield projects have changed due to the aspiration of society, but also of potential investors, for sustainable raw material extraction. Through emission-free mining technology, the expectations of the industry can be met more and more. In the future, the success and support of greenfield projects will increasingly depend on what sustainability

goals are set and how conscientiously work is done to achieve them. Early and close cooperation between the operator and the machine manufacturer will be a decisive prerequisite for the success of a project, as this is the only way to exploit the opportunities of the new technology and minimize its risks.

Die Einführung von batterieelektrischen Bergbaumaschinen – Chancen und Risiken

Die Anforderungen bei der Realisierung von Greenfield-Projekten haben sich durch das Streben der Gesellschaft, aber auch der potentiellen Investoren nach einer nachhaltigen Rohstoffgewinnung verändert. Durch emissionsfreie Bergbautechnik können die Erwartungen an die Industrie mehr und mehr erfüllt werden. Der Erfolg und die Unterstützung von Greenfield-Projekten wird zukünftig

immer stärker davon abhängen, welche Nachhaltigkeitsziele gesetzt werden und wie gewissenhaft an deren Umsetzung gearbeitet wird. Eine frühe und enge Zusammenarbeit zwischen Betreiber und Maschinenhersteller wird eine entscheidende Voraussetzung für den Erfolg eines Projekts sein, da nur so die Chancen der neuen Technologie genutzt und deren Risiken minimiert werden können.

1 Introduction

The megatrends of a rising global population, growing middle class and decarbonization are further increasing the demand for raw materials worldwide. The economic recovery after pandemic-related restrictions and sanctions against Russia and Belarus because of the war in Ukraine have caused a shortage of raw materials and massive price fluctuations. While the forecast demand, especially for base metals, battery metals and fertilizers, will not be met in the coming years by deposits already being mined alone, greenfield projects will face new challenges in the future.

2 Changing conditions for greenfield projects

On the way to mining development, a mining project goes through various planning phases and feasibility studies. In addition to the technical feasibility of mining, these are intended to determine the quantities and grades of raw materials, the impact on society and the environment, profitability and other indicators and risks. "Social license to operate" and environmental risks, including new regulations, now occupy the top three spots among the top risks for the mining industry, along with commodity price risk, according to the auditing and consulting company KPMG (1) (Figure 1).

1 Einleitung

Die Megatrends einer ansteigenden Weltbevölkerung, der wachsenden Mittelschicht und der Dekarbonisierung lassen den Rohstoffbedarf weltweit weiter ansteigen. Die konjunkturelle Erholung nach pandemiebedingten Einschränkungen und Sanktionen gegen Russland und Belarus infolge des Kriegs in der Ukraine haben für eine Verknappung von Rohstoffen und massive Preisschwankungen gesorgt. Während sich der prognostizierte Bedarf, insbesondere für Basismetalle, Batteriemetalle und Düngemittel in den nächsten Jahren nicht allein durch die bereits im Abbau befindlichen Lagerstätten decken lassen wird, kommen auf Greenfield-Projekte in Zukunft neue Herausforderungen zu.

2 Veränderte Bedingungen für Greenfield-Projekte

Auf dem Weg zur bergmännischen Erschließung durchläuft ein Bergbauprojekt verschiedene Planungsphasen und Machbarkeitsstudien. Neben der technischen Machbarkeit des Abbaus sollen hierdurch auch Rohstoffmengen und -gehalte, die Einflüsse auf Gesellschaft und Umwelt, die Rentabilität und andere Indikatoren sowie Risiken festgestellt werden. Die „Gesellschaftliche Betriebserlaubnis“ (Social Licence to Operate) und die Umweltrisiken einschließlich neuer Vorschriften belegen laut des Wirtschaftsprü-

2022	Rank	2021
 Environmental risks, including new regulations	01	Commodity price risk
 Commodity price risk	02	Global pandemic
 Community relations and social license to operate	03	Economic downturn/uncertainty
 Political instability/nationalization	04	Community relations and social license to operate
 Global trade conflict	05	Environmental risks, including new regulations
 Ability to access and replace reserves	06	Permitting risk
 Permitting risk	07	Political instability
 Supply chain risks	08	Access to capital, including liquidity
 Talent crisis	09	Ability to access and replace reserves
 Regulatory and compliance changes/burden	10	Regulatory and compliance changes/burden

Fig. 1. Top risks for the mining industry (1).
Bild 1. Top-Risiken für die Bergbau Industrie (1).

The reorganization of risks, society's striving for sustainable resource extraction and the rapidly advancing technical possibilities also have a significant influence on the planning and feasibility studies of new mining projects.

2.1 Challenges and opportunities for mining operators

Established mining operators and exploration companies, so-called junior miners, have to deal with the changed risks in relation to greenfield projects, but can also benefit from the increased focus on sustainability.

The Australian mining group BHP is a good example of the transformation necessary to meet the changing demands on the mining industry and to position itself in the market in the best possible way. On 16th June 2022, BHP announced that it would close the Australian Mt. Arthur mine, which produced approximately 14 Mt of thermal coal in 2022, by 2030 at the latest (2). Three days earlier, on 13th June 2022, the Canadian government announced its intention to support BHP's planned Jansen greenfield potash project with 100 M CAD (3). This government grant will essentially be used to implement a low-emission mine. BHP is investing about 7.5 bn US\$ in the first phase to start operations in 2027 with an annual production of 4.3 to 4.5 Mt of potash (4). About a week later, Sandvik received an order for ten battery-electric and one cable-electric drive loaders for the Jansen project. As early as February 2022, four electrically powered mining systems, each consisting of a Borer Miner MF460 and an Extendable Belt Conveyor PO140, were ordered from Sandvik. The trend towards sustainably operated projects is clearly visible at BHP as well as at other mining operators.

fungs- und Beratungsunternehmens KPMG (1) mittlerweile zusammen mit dem Rohstoffpreisrisiko die ersten drei Plätze bei den Top-Risiken für die Bergbauindustrie (Bild 1).

Die Neuordnung der Risiken, das gesellschaftliche Streben nach einer nachhaltigen Rohstoffgewinnung sowie die schnell voranschreitenden technischen Möglichkeiten beeinflussen auch maßgeblich Planung und Machbarkeitsstudien von neuen Bergbauprojekten.

2.1 Herausforderungen und Chancen für Bergbaubetreiber

Etablierte Bergbaubetreiber und Explorationsunternehmen, sogenannte Junior Miner, müssen in Bezug auf Greenfield-Projekte mit den veränderten Risiken umgehen, können aber auch vom gesteigerten Augenmerk auf Nachhaltigkeit profitieren.

Der australische Bergbaukonzern BHP ist ein gutes Beispiel für die notwendige Transformation, um den geänderten Anforderungen an die Bergbauindustrie gerecht zu werden und sich bestmöglich auf dem Markt zu positionieren. Am 16. Juni 2022 gab BHP bekannt, spätestens im Jahr 2030 das australische Bergwerk Mt. Arthur zu schließen, in welchem im Jahr 2022 ca. 14 Mio. t Kraftwerkskohle produziert wurden (2). Bereits drei Tage zuvor, am 13. Juni 2022, verkündete die kanadische Regierung ihre Absicht, das von BHP geplante Greenfield Kali-Projekt Jansen mit 100 Mio. CAD unterstützen zu wollen (3). Dieser staatliche Zuschuss soll im Wesentlichen zur Realisierung eines emissionsarmen Bergwerks genutzt werden. BHP investiert in der ersten Phase ca. 7,5 Mrd. US-\$, um 2027 den Betrieb mit einer Jahresproduktion von 4,3 bis 4,5 Mio. t Kali zu starten (4). Etwa eine Woche später erhielt Sandvik einen Auftrag über zehn batterieelektrisch und einen kabelelektrisch betriebenen Fahrlader für das Jansen-Projekt. Bereits im Februar 2022 wurden vier elektrisch betriebene Abbausysteme, bestehend aus jeweils einem Borer Miner MF460 und einem Extendable Belt Conveyor PO140, bei Sandvik in Auftrag gegeben. Der Trend zu nachhaltig betriebenen Projekten ist sowohl bei BHP als auch bei anderen Bergbaubetreibern klar erkennbar.

2.2 Machbarkeitsstudien

Im Vorlauf eines Greenfield-Projekts werden verschiedene Planungsphasen durchlaufen. Die Konzeptentwicklung für ein Projekt findet im Wesentlichen in der Vormachbarkeitsstudie (Prefeasibility Study – PFS) und in der Definitiven Machbarkeitsstudie (Definitive Feasibility Study – DFS) statt. In der Regel werden zur Erstellung dieser Studien Beratungsfirmen hinzugezogen, die zum einen eine unabhängige Lagerstättenbewertung durchführen und zum anderen Bergbaumethoden und -technik vorschlagen. Hierbei greifen die beratenden Bergbauexperten auf Richtlinien, allgemeine Empfehlungen und ihre gesammelten Erfahrungen bei ähnlichen Projekten zurück, um den aktuellen Stand der Technik für die gegebenen Rahmenbedingungen herauszuarbeiten. Bei der Planung des Einsatzes von neuen Technologien bestehen in der Regel keine oder nur sehr begrenzte Erfahrungen und Regelwerke, auf die zurückgegriffen werden kann. Daher sind sowohl die Bergbaubetreiber als auch die Berater auf eine enge Zusammenarbeit mit den Maschinenherstellern angewiesen. Im letzten Jahrzehnt und auch schon zuvor musste dieses Wissensvakuum, z. B. in Bezug auf Automationsprojekte, ausgefüllt werden. Da allein Sandvik

2.2 Feasibility studies

In the run-up to a greenfield project, various planning phases are run through. The concept development for a project mainly takes place in the Prefeasibility Study (PFS) and in the Definitive Feasibility Study (DFS). As a rule, consulting companies are brought in to prepare these studies, which on the one hand carry out an independent deposit evaluation and on the other hand propose mining methods and technology. In doing so, the consulting mining experts draw on guidelines, general recommendations and their accumulated experience in similar projects to work out the current state of the art for the given framework conditions. When planning the use of new technologies, there is usually no or very limited experience and regulations to fall back on. Therefore, both mining operators and consultants depend on close cooperation with machine manufacturers. In the last decade and even before, this knowledge vacuum had to be filled, e.g., regarding automation projects. Since Sandvik alone has now delivered approximately 800 automated LHDs and dump trucks worldwide, which have completed more than 5 M operating hours, there are now sufficient references available for new feasibility studies. The industry is now facing the same challenge with regard to battery electric mining vehicles (BEVs). Different manufacturers use different battery chemistries. This results in different battery charging and replacement intervals, which may require specific infrastructure or provisions in a mine. To efficiently plan a new mine, the procedures and charging cycles should be planned and simulated in advance with the machine manufacturer. The DFS is usually converted into a Bankable Feasibility Study (BFS), which is used, e.g., by potential investors to evaluate the risk and opportunities of the project. The mining sector is generally considered to be conservative and investment decisions usually require a solid numerical basis backed up by empirical values. However, the changed risks shown in figure 1 are becoming increasingly prominent in this sector as well. Investors will increasingly be looking for sustainably operated projects that are planned to be emission-free or at least low-emission from the outset. Thus, early cooperation within the framework of feasibility studies between mining operator, consulting firm and machine manufacturer will be of paramount importance for the success of greenfield projects in the coming years.

2.3 Sandvik BEV

Both the leading suppliers of mining machinery and utility vehicles, as well as some niche suppliers, have launched the first BEVs on the market in recent years. In particular, large mining operators have started their journey towards electrification and are already using BEVs in test operations. However, they are also being integrated more and more into ongoing production operations.

Since Sandvik launched the first cable-electric powered LHD in 1981, more than 600 zero-emission machines in various sizes have been delivered to customers worldwide. After the first prototype of a battery-powered LHD was presented in 2016, the acquisition of Artisan Vehicles in 2019 made it possible to bundle developments in this area from then on and thus move forward more quickly. Artisan had already been involved in the development of battery systems for mining since 2003 and launched its first own mining machine on the market in 2017.

weltweit mittlerweile ca. 800 automatisierte Fahrlader und Muldenkipper geliefert hat, welche mehr als 5 Mio. Betriebsstunden absolviert haben, stehen mittlerweile ausreichend Referenzen für neue Machbarkeitsstudien zur Verfügung. Vor der gleichen Herausforderung steht die Industrie nun bezüglich der batterieelektrisch betriebenen Bergbaufahrzeuge (BEVs). Verschiedene Hersteller setzen unterschiedliche Batteriechemie ein. Daraus ergeben sich andersgeartete Batterielade- und Batterietauschintervalle, welche eventuell spezifische Infrastruktur oder Vorkehrungen in einem Bergwerk erfordern. Um ein neues Bergwerk effizient zu planen, sollten die Abläufe und Ladezyklen vorab mit dem Maschinenhersteller geplant und simuliert werden. Die DFS wird in der Regel in eine Bankfähige Machbarkeitsstudie (Bankable Feasibility Study – BFS) überführt, welche z.B. potentiellen Investoren dazu dient, Risiko und Chancen des Projekts zu bewerten. Der Bergbausektor gilt gemeinhin als konservativ, und Investitionsentscheidungen bedürfen in der Regel einer soliden Zahlengrundlage, die über Erfahrungswerte abgesichert ist. Allerdings rücken die in Bild 1 dargestellten veränderten Risiken auch hier immer stärker in den Vordergrund. Investoren werden zunehmend auf der Suche nach nachhaltig betriebenen Projekten sein, die von Beginn an emissionsfrei oder zumindest emissionsarm geplant werden. Somit wird die frühe Zusammenarbeit im Rahmen von Machbarkeitsstudien zwischen Bergbaubetreiber, Beratungsfirma und Maschinenhersteller in den nächsten Jahren von höchster Bedeutung für den Erfolg von Greenfield-Projekten sein.

2.3 Sandvik BEV

Sowohl die führenden Anbieter von Bergbaumaschinen und Nutzfahrzeugen als auch einige Nischenanbieter haben in den letzten Jahren erste BEVs auf den Markt gebracht. Insbesondere große Bergbaubetreiber haben ihren Weg zur Elektrifizierung gestartet und setzen BEVs schon im Testbetrieb ein. Allerdings werden diese auch mehr und mehr in den laufenden Produktionsbetrieb integriert.

Seit Sandvik 1981 den ersten kabelelektrisch betriebenen Lader auf den Markt gebracht hat, wurden mehr als 600 emissionsfreie Maschinen in verschiedenen Größen an Kunden weltweit geliefert. Nachdem 2016 der erste Prototyp eines batteriebetriebenen Fahrladers vorgestellt wurde, konnten durch die Übernahme der Firma Artisan Vehicles 2019 fortan die Entwicklungen in diesem Bereich gebündelt und somit schneller vorangetrieben werden. Artisan beschäftigte sich bereits seit 2003 mit der Entwicklung von Batteriesystemen für den Bergbau und brachte 2017 die erste eigene Bergbaumaschine auf den Markt.

Bereits seit 2016 bietet Sandvik auch batteriebetriebene Untertagebohrgeräte an. Das heutige Sandvik BEV-Portfolio beinhaltet folgende Modelle:

- Vortriebsbohrwagen DD422iE,
- Ankerbohrwagen DS412iE,
- Langlochbohrwagen DL422iE,
- Fahrlader LH518B (18 t Kapazität),
- Muldenkipper TH550B (50 t Kapazität) und
- Muldenkipper TH665B (65 t Kapazität).

In den nächsten Jahren werden weitere BEV-Modelle in diesen Bereichen folgen.

Sandvik has also been offering battery-powered underground drilling rigs since as early as 2016. Today's Sandvik BEV portfolio includes the following models:

- DD422iE jumbo;
- DS412iE mechanical bolter;
- DL422iE longhole drill;
- LH518B loader (18 t capacity);
- TH550B dump truck (50 t capacity); and
- TH665B dump truck (65 t capacity).

More BEV models in these areas will follow in the next few years.

The above-mentioned drilling rigs are especially designed for mining applications with minimum drift cross sections of 4 m x 4 m. Sodium-nickel-chloride batteries are used for tramming the machines, which are charged while drilling operation via the usual trailing cable. No special infrastructure is required.

Diesel-powered loaders and dump trucks cause a much higher emission load than drilling rigs, so battery-powered models can make a greater contribution to the sustainability of a greenfield project. To meet the high energy requirements in the production process, batteries with a higher energy density must be used here, while still ensuring the highest level of safety. To meet these requirements, Sandvik has decided to use lithium iron phosphate batteries. Whereas in the first and second generation BEVs only the diesel engine and other drivetrain components were replaced, in Sandvik machines you are talking about third generation BEVs, where the electric drivetrain is at the center of the design and the rest of the machine has been selected from established components, but also from completely new ones. The higher-loaded front axle, e. g., of the LH518B is fitted with larger tires and two electric motors, while the concept for the rear axle is smaller tires and only one electric motor. This enables high productivity with a more compact rear end and improved visibility. The unique AutoSwap, a patented system for changing the battery without the need for a crane or other elaborate infrastructure with minimal manual interaction (Figure 2), even allows for potential time savings compared to refueling a diesel-powered machine, with good planning.

Compared to the conventional diesel loader, a battery-powered model opens the possibility of avoiding heat, particulate and CO₂ emissions and thus saving costs for mine ventilation. For greenfield projects, however, the direct contribution to sustainability goals is certainly also an important decision criterion for this technology. The electric drivetrain also provides higher acceleration and speed, especially on inclines, resulting in shorter cycle times and thus higher productivity than with the diesel loader.

Swedish mining companies LKAB and Boliden have already decided to use Sandvik BEVs and will soon integrate them into the production process.



Fig. 2. Sandvik LH518B with charging infrastructure.

Bild 2. Sandvik LH518B mit Ladeinfrastruktur. Photo/Foto: Sandvik

Die oben genannten Bohrgeräte sind insbesondere für Bergbauanwendungen mit minimalen Streckenquerschnitten von 4 m x 4 m konzipiert. Es werden Natrium-Nickel-Chlorid-Batterien für das Versetzen der Maschinen verwendet, die während des Bohrbetriebs über das übliche Schleppkabel geladen werden. Besondere Infrastruktur ist nicht notwendig.

Dieseltreibene Fahrlader und Muldenkipper verursachen eine wesentlich höhere Emissionslast als Bohrgeräte, daher können batteriebetriebene Modelle einen höheren Beitrag zur Nachhaltigkeit eines Greenfield-Projekts leisten. Um dem hohen Energiebedarf im Förderprozess gerecht zu werden, müssen hier Batterien mit einer höheren Energiedichte eingesetzt werden, die trotzdem ein höchstes Maß an Sicherheit gewährleisten. Um diesen Anforderungen Rechnung zu tragen, hat sich Sandvik für den Einsatz von Lithium-Eisen-Phosphat-Batterien entschieden. Wurden in der ersten und zweiten Generation von BEVs lediglich der Dieselmotor und weitere Komponenten des Antriebsstrangs ersetzt, spricht man bei den Sandvik-Maschinen von BEV der dritten Generation, bei denen der elektrische Antriebsstrang im Zentrum des Designs steht und der Rest der Maschine aus etablierten, aber auch aus völlig neuen Komponenten zusammengestellt wurde. So wird z. B. die höher belastete Frontachse des LH518B mit größeren Reifen und zwei Elektromotoren bestückt, während das Konzept für die Hinterachse kleinere Reifen und nur einen Elektromotor vorsieht. Dies ermöglicht eine hohe Produktivität bei kompakterem Heckbereich und verbesserten Sichtverhältnissen. Das einzigartige AutoSwap, ein patentiertes System zum Wechseln der Batterie ohne den Bedarf eines Krans oder anderer aufwendiger Infrastruktur bei minimaler manueller Interaktion (Bild 2), ermöglicht bei guter Planung sogar ein zeitliches Einsparungspotential im Vergleich zum Tankvorgang bei einer dieseltreibenden Maschine.

Im Vergleich zum konventionellen Diesellader eröffnet ein batteriebetriebenes Modell die Möglichkeit, Wärme, Partikel und



Der Kompass für mein
Afrika-Business.

AFRICA BUSINESS
GUIDE

www.africa-business-guide.de

Mine Variables

Description	Value	Units
Mine speed limit	speed limit	20 kph
Effective shift time / seat time	shift hours	10 h
Fixed cycle time for loading, dumping, turning	idle time	9 min
Mass of load in the truck	load	45 tonnes
Shifts per day	shifts per day	2 shifts
Hauling target in single shift	shift goal tonnes	643 tonnes
Is the load being carried out or back	hauling out	<input checked="" type="checkbox"/>
Availability	availability	85%
Days per year	working days per year	352 days
Electricity cost	electricity cost	\$0.07 \$/kWh

Vehicle Parameters



Description	Name	Value	Units
Max machine speed	speed max	20	kph
Charge capacity of the vehicle's battery	battery energy	353	kWh
Battery usable capacity upper limit	upper lim	95	%
Battery usable capacity lower limit	lower lim	10	%
Battery discharge power limit	discharge lim	550	kW
Battery charge power limit	charge lim	300	kW
Auxiliary power draw	power aux	9.8	kW
The weight of the vehicle	vehicle weight	48	tonnes
Time to swap a battery	swap time	6	min

Table 1. Sandvik dump truck simulation (7). // Tabelle 1. Sandvik Muldenkipper-Simulation (7).

In addition to BHP's Jansen project mentioned above, a second greenfield project in Canada is already relying on Sandvik BEVs. Foran Mining Corporation plans to use battery-electric drilling rigs (7), LHDs (7), and dump trucks (6) for the McIlvanna Bay project, a future copper-zinc mine (5).

2.4 Cooperation on greenfield projects

The processing of the McIlvanna Bay project with Foran Mining is a good example of the necessary cooperation between the developer and operator of a greenfield project and the machine manufacturer. The exchange of information between Foran Mining, AGP Mining Consultants Inc. the consultant contracted for the PFS, and Sandvik began in advance of the PFS published in 2020 (6). Based on an Artisan Z50 dump truck, a haulage simulation was performed regarding the expected conditions in the mine (Table 1).

Taking into account the haulage routes for ore and waste rock from mining areas over a depth difference of almost 1,000 m and the resulting ton kilometers (TKM = tons x kilometers), the demand for dump trucks was determined over a ten-year period (Figure 3).

In addition to planned maintenance intervals, machine availability and congestion on the conveying routes, a so-called BEV factor of 30% was considered in these calculations to account for a learning phase and unforeseen challenges with this new technology. At this time, all other machines were assumed to be diesel-powered, and the ventilation quantities were not reduced by the savings from BEVs. As the collaboration continued and the technology evolved, the studies continued to be updated and expand-

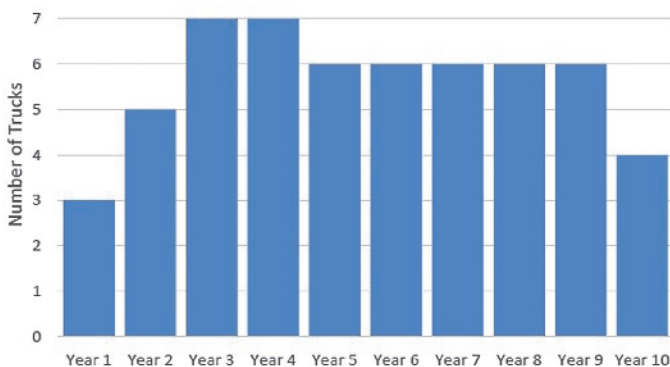


Fig. 3. Required number of dump trucks (7).
Bild 3. Erforderliche Anzahl an Muldenkippern (7).

CO₂-Emissionen zu vermeiden und somit Kosten für die Bewetterung der Grube einzusparen. Für Greenfield-Projekte ist aber auch der direkte Beitrag zu den Nachhaltigkeitszielen ein wichtiges Entscheidungskriterium für diese Technologie. Der elektrische Antriebsstrang sorgt zudem für höhere Beschleunigung und Geschwindigkeit, insbesondere im Ansteigen, was in kürzeren Zykluszeiten und somit höherer Produktivität als beim Diesellader resultiert.

Die schwedischen Bergbauunternehmen LKAB und Boliden haben sich bereits für den Einsatz von Sandvik BEVs entschieden und werden diese in Kürze in den Produktionsprozess integrieren.

Neben dem eingangs erwähnten Jansen-Projekt von BHP setzt in Kanada bereits ein zweites Greenfield-Projekt auf Sandvik BEVs. Die Foran Mining Corp. sieht für das McIlvanna Bay-Projekt, ein zukünftiges Kupfer-Zink-Bergwerk, den Einsatz von batterieelektrisch betriebenen Bohrgeräten (7), Fahrladern (7) und Muldenkippern (6) vor (5).

2.4 Zusammenarbeit bei Greenfield-Projekten

Die Bearbeitung des McIlvanna Bay-Projekts mit Foran Mining ist ein gutes Beispiel für die notwendige Kooperation zwischen Entwickler und Betreiber eines Greenfield-Projekts und dem Maschinenhersteller. Bereits im Vorfeld der im Jahr 2020 veröffentlichten PFS begann der Informationsaustausch zwischen Foran Mining, dem für die PFS beauftragten Berater AGP Mining Consultants Inc. und Sandvik (6). Basierend auf einem Artisan Muldenkipper Z50 wurde bezüglich der zu erwartenden Rahmenbedingungen im Bergwerk eine Fördersimulation durchgeführt (Tabelle 1).

Unter Berücksichtigung der Förderwege für Erz und Nebengestein aus Abbaubereichen über einen Teufenunterschied von fast 1.000 m und die sich hieraus ergebenden Tonnenkilometer (TKM = Tonnen x Kilometer) wurde der Bedarf an Muldenkippern über zehn Jahre Laufzeit bestimmt (Bild 3).

Bei diesen Berechnungen wurden neben geplanten Wartungsintervallen, Maschinenverfügbarkeit und Stau auf den Förderwegen ein sogenannter BEV-Faktor von 30% berücksichtigt, um einer Lernphase und nicht vorherzusehenden Herausforderungen mit dieser neuen Technologie Rechnung zu tragen. Zu diesem Zeitpunkt wurden alle anderen Maschinen als dieselbetrieben angesetzt und auch die Bewetterungsmengen wurden nicht um die Einsparungen durch BEVs verringert. Im Lauf der andauernden Zusammenarbeit und der fortschreitenden technischen Entwicklung wurden die Studien wei-



Fig. 4. Charging table with TH550B, two mobile charging stations, one mobile cooling unit.
Bild 4. Ladenische mit TH550B, zwei mobilen Ladestationen, einer mobilen Kühleinheit.
Photo/Foto: Sandvik

ed to other areas. In the most recent update to the feasibility study in April 2022, dump trucks were identified as battery-powered, as well as the LHDs (5). In July 2022, the above-mentioned drilling rigs were also ordered. Deliveries of the machines will take place in 2023 to 2025. Sandvik will provide ongoing support to Foran Mining in the preparation work for the mine. This will include the best possible site selection and sizing of charging bays (Figure 4), as well as the planning of critical operations.

The batteries are included in a service contract and are maintained by Sandvik. This “Battery as a Service” agreement (BaaS) is intended to reduce the risk of the foreseeable lifetime of the batteries for the operator and make it more calculable. In addition, the mine personnel will also be introduced to the new state of the art at this level through cooperation.

3 Transformation of existing operations

The challenges that arise in the transformation of established mining operations to new technologies can generally be assessed as even more difficult than previously described for greenfield projects. In addition to the infrastructure that has been developed over decades regarding diesel technology, the methods, processes and procedures applied at the mine have generally evolved without taking into account the framework conditions created by the introduction of a new technology. While diesel logistics, e. g., have been fine-tuned and optimized with regard to daily requirements, mine workings and shift planning are not yet prepared for the provision of the necessary electricity and timed battery charging and replacement intervals. Thus, mining operators face substantial investments for equipment and charging infrastructure, while potential savings from lower ventilation costs cannot usually be exploited as in greenfield projects. The introduction of BEVs also poses major challenges in terms of staff training and development and requires a well-prepared change management process. Therefore, even in the case of such a transformation, close cooperation between the mining operator and the machine manufacturer is a crucial success factor for the implementation of the project.

On 10th November 2022, Nancy Stien Schreiner, Environment and Sustainability Manager at Rana Gruber AS, a Norwegian iron ore producer founded in 1964, described the company’s path to carbon-free production on Capital Markets Update (8). Motivated by social responsibility, the prospective reduction of operating costs,

ter aktualisiert und auf andere Bereiche ausgeweitet. In der letzten Aktualisierung der Machbarkeitsstudie im April 2022 wurden neben den Muldenkippern auch die Fahrlader als batteriebetrieben ausgewiesen (5). Im Juli 2022 wurden außerdem noch die oben genannten Bohrgeräte mit beauftragt. Die Lieferungen der Maschinen erfolgen zwischen 2023 und 2025. Sandvik wird Foran Mining bei den Vorbereitungsarbeiten für das Bergwerk fortlaufend unterstützen. Hierbei wird es u. a. um die bestmögliche Standortauswahl und Dimensionierung von Ladenischen (Bild 4) sowie die Planung von kritischen Betriebsabläufen gehen.

Die Batterien sind in einen Servicevertrag eingebunden und werden durch Sandvik gewartet. Diese „Battery as a Service“-Vereinbarung

(BaaS) soll das Risiko der vorauszusehenden Lebenszeit der Batterien für den Betreiber reduzieren und kalkulierbarer machen. Zudem soll das Bergwerkspersonal auch auf dieser Ebene über die Zusammenarbeit an den neuen Stand der Technik herangeführt werden.

3 Transformation von bestehenden Betrieben

Die Herausforderungen, die sich bei der Transformation von etablierten Bergbaubetrieben zu neuen Technologien ergeben, sind im Allgemeinen als noch schwieriger zu bewerten, als zuvor für Greenfield-Projekte beschrieben. Neben der über Jahrzehnte im Hinblick auf Dieseltechnik ausgebauten Infrastruktur, haben sich in der Regel auch die angewandten Methoden, Prozesse und Abläufe im Bergwerk ohne Berücksichtigung der durch Einführung einer neuen Technologie entstehenden Rahmenbedingungen entwickelt. Während z. B. die Diesel-Logistik im Hinblick auf den täglichen Bedarf abgestimmt und optimiert wurde, sind Grubengebäude und Schichtplanung noch nicht auf die Bereitstellung der notwendigen Elektrizität und zeitlich vorgegebene Batterielade- und Batteriewechselintervalle vorbereitet. Somit kommen auf die Bergbaubetreiber substantielle Investitionen für Equipment und Ladeinfrastruktur zu, während eventuelle Einsparungspotentiale durch geringere Bewetterungskosten in der Regel nicht wie bei Greenfield-Projekten ausgeschöpft werden können. Die Einführung von BEVs stellt zudem große Herausforderungen bezüglich Aus- und Weiterbildung des Personals dar und erfordert einen gut vorbereiteten Change-Management-Prozess. Daher ist auch im Fall einer solchen Transformation eine enge Zusammenarbeit zwischen Bergbaubetreiber und Maschinenhersteller ein entscheidender Erfolgsfaktor für die Umsetzung des Projekts.

Am 10. November 2022 beschrieb Nancy Stien Schreiner, Environment and Sustainability Manager beim 1964 gegründeten norwegischen Eisenerzproduzenten Rana Gruber AS, beim Capital Markets Update den Weg der Firma zur kohlenstofffreien Produktion (8). Motiviert durch die soziale Verantwortung, die in Aussicht stehende Reduzierung der Betriebskosten, aber auch eine Steigerung der Attraktivität für Investoren wurde das Transformationsprojekt zu einem kohlenstoffemissionsfreien untertägigen Bergwerk bis 2025 vorgestellt. Hierbei wurde insbesondere ein zuverlässiger Zugang zu erneuerbarer Energie als Standortvorteil für die Durchführung des Projekts benannt. Zu diesem Zeitpunkt waren bereits im Rah-

but also an increase in attractiveness for investors, the transformation project to a carbon emission-free underground mine by 2025 was presented. In this context, reliable access to renewable energy in particular was named as a location advantage for the implementation of the project. At this point, the conditions for the implementation of this future project had already been created as part of intensive cooperation between Rana Gruber and Sandvik. Similar to the McIlvenna Bay project mentioned above, Sandvik's internal consulting department Trans4Mine had carried out numerous simulations since November 2021 as part of a study to advise Rana Gruber. Their findings on BEV fleet requirements, charging station locations, and other mining cycle optimizations, led to a cooperation agreement in November 2022. This partnership was confirmed on 15th March 2023, in connection with a contract for the supply of 19 BEVs (9). Sandvik's second largest battery electric mining fleet in the world to date will include six Sandvik TH550B dump trucks, five Sandvik LH518B loaders, four Sandvik DL422iE production drill rigs, two Sandvik DS412iE bolting drills, and two Sandvik jumbos. Delivery of the equipment will begin in the first quarter of 2023 and is expected to continue through 2024. Sandvik will also provide on-site service and batteries.

4 Summary and outlook

The attention to, and demand for BEVs has gained momentum in recent years, partly due to the rapid advancement of battery technology, and partly due to changing challenges for operators. ESG (Environment, Social and Governance) relevant criteria, energy and fuel prices, health and safety of employees are increasingly used as decision criteria for mining equipment. The sustainability of the ore extraction process is more important to investors in the long term than the capital expenditure, so considering BEVs at an early stage of a project can be critical to the success of its realization. To be able to present a realistic mining concept with BEVs already at PFS and DFS, respectively in the early stage of a transformation process, a high joint effort of operators, consulting companies and equipment manufacturers will be necessary also in the next years in order to lead the urgently needed greenfield projects to long-term and sustainable success and to prepare existing operations for the future.

References / Quellenverzeichnis

- (1) KPMG (2022): Global Mining Outlook 2022. Online verfügbar unter www.kpmg.com. Abgerufen 15.06.2022.
- (2) Wood Mackenzie (2022): BHP to close Australia's largest thermal coal mine by 2030. Online verfügbar unter www.woodmac.com. Abgerufen 20.06.2022.
- (3) Government of Canada (2022): Government of Canada to support the world's most sustainable potash mine in Saskatchewan. Online verfügbar unter www.canada.ca. Abgerufen 15.06.2022.
- (4) Moore, P. (2022): BHP's Jansen potash mining systems – electric, automated and super-sized for lower cost per tonne. International Mining Team Publishing Ltd. Online verfügbar unter www.im-mining.com. Abgerufen 25.07.2022.
- (5) Gleeson, D. (2022): Sandvik to deliver "biggest BEV fleet to date" for Foran's McIlvenna Bay. International Mining Team Publishing Ltd. Online verfügbar unter www.im-mining.com. Abgerufen 01.08.2022.
- (6) Foran Mining Corporation (2020): NI 43-101 Technical Report, Pre-feasibility Study for the McIlvenna Bay Project. Online verfügbar unter www.minedocs.com. Abgerufen 01.08.2022.

men intensiver Zusammenarbeit von Rana Gruber und Sandvik die Voraussetzungen für die Umsetzung dieses Zukunftsprojekts geschaffen worden. Ähnlich wie bei dem oben genannten McIlvenna Bay-Projekt hatte seit November 2021 die Sandvik-interne Beratungsabteilung Trans4Mine im Rahmen einer Studie zur Beratung von Rana Gruber zahlreiche Simulationen durchgeführt. Deren Ergebnisse zu BEV-Flottenanforderungen, Ladestationsstandorten und anderen Optimierungen des Bergbauzyklus führten im November 2022 zu einer Absichtserklärung der weiteren Zusammenarbeit. Diese Partnerschaft wurde am 15. März 2023 im Zusammenhang mit einem Vertrag über die Lieferung von 19 BEVs bestätigt (9). Sandviks bisher zweitgrößte batterieelektrische Bergbauflotte weltweit wird sechs Sandvik TH550B-Muldenkipper, fünf Sandvik LH518B-Lader, vier Sandvik DL422iE-Produktionsbohrwagen, zwei Sandvik DS412iE-Ankerbohrwagen und zwei Sandvik DD422iE-Vortriebsbohrwagen umfassen. Die Lieferung der Ausrüstung beginnt im ersten Quartal 2023 und soll bis 2024 fortgesetzt werden. Sandvik wird auch Vor-Ort-Service und Batterien bereitstellen.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Die Beachtung von und Nachfrage nach BEVs hat in den letzten Jahren zum einen durch die rasante Weiterentwicklung der Batterietechnik, zum anderen durch veränderte Herausforderungen für die Betreiber an Fahrt aufgenommen. ESG- (Environment, Social and Governance) relevante Kriterien, Energie- und Kraftstoffpreise, Sicherheit und Gesundheit von Mitarbeitern werden immer stärker als Entscheidungskriterien für Bergbauequipment herangezogen. Die Nachhaltigkeit des Rohstoffgewinnungsprozesses ist langfristig wichtiger für Investoren als der Kapitalaufwand, sodass die Berücksichtigung von BEVs schon in einer frühen Projektphase entscheidend für den Erfolg der Realisierung sein kann. Um schon bei PFS und DFS, beziehungsweise im Frühstadium eines Transformationsprozesses ein realistisches Bergbaukonzept mit BEVs darstellen zu können, wird auch in den nächsten Jahren ein hoher gemeinsamer Aufwand von Betreiber, Beratungsfirmen und Maschinenherstellern notwendig sein, um die dringend erforderlichen Greenfield-Projekte langfristig und nachhaltig zum Erfolg zu führen und bestehende Betriebe für die Zukunft vorzubereiten.

- (7) Foran Mining Corporation (2022): Technical Report on the Feasibility Study for the McIlvenna Bay Project, Saskatchewan Canada. Online verfügbar unter www.foranmining.com. Abgerufen 01.08.2022.
- (8) Schreiner, N.-S. (2022): Zero carbon emissions. Rana Gruber AS – Capital Markets update November 2022. Online verfügbar unter www.ranagruber.no. Abgerufen 15.02.2023.
- (9) Sandvik Mining and Rock Solutions (2023): Sandvik partners with Rana Gruber for BEV fleet in Norway. Online verfügbar unter www.rocktechnology.sandvik. Abgerufen 15.02.2023.

Author / Autor

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