

Underground Loading and Transport Systems and the Challenges Posed by Increased Production Levels at Ore Mines around the World

Developments in production levels at ore mines as a result of the transition from large opencast mines to deep mining have forced mine operators and machinery manufacturers towards greater modernisation and innovation, especially when it comes to methods and technology for ore loading and transport. Large-scale opencast mines producing copper ore, such as Grasberg and Chuquicamata, employ modern, highly efficient surface mining techniques. However, as Chuquicamata and other large mines have shown, this kind of technology tends to reach its limits at working depths of more than 1,000 m and as a result any further extraction can only be carried out cost effectively by switching to deep mining methods. There are also examples where deposits at existing mines have been developed to achieve production rates similar to those of opencast operations, such as at the LKAB-owned Kiruna mine in Sweden.

The loading and haulage machines that have become standard equipment in opencast mines cannot be transferred directly for use under deep mining conditions because of their dimensions. However, as the profitability of underground production operations is calculated on the basis of almost identical output planning, even allowing for the reduced metal content of the ore, new loading and haulage systems are needed to handle the production volumes – not least because of the ever increasing safety demands and the type of operating conditions being encountered. This paper is based on a presentation given by the author at the 7th colloquium “Transport and conveying in the mining industry”, which was held at Clausthal University of Technology in Clausthal-Zellerfeld/Germany, on 20th January 2016.

Herausforderungen an die untertägige Lade- und Transporttechnik durch die geplanten Produktionsgrößen in den zukünftigen Erzbergwerken weltweit

Die Entwicklungen der Produktionsgrößen der Erzbergwerke durch den Übergang von einem Abbau im Großtagebau in einen Tiefbau führen bei den Betreibern der Bergwerke und bei den Herstellern von Bergwerksmaschinen zu Modernisierungsschritten und Neuentwicklungen, insbesondere bei den Techniken und Verfahren für das Laden und Transportieren. Großtagebaue auf Kupfererz wie Grasberg und Chuquicamata gewinnen mit moderner, hoch effizienter Tagebautechnik. Wie aber Chuquicamata und andere Großtagebaue auch zeigen, sind Grenzen dieser Technik durch die erreichte Abbauteufe von mehr als 1.000 m erkannt worden. Ein weiterer wirtschaftlicher Abbau der Lagerstätte lässt sich nur im Tiefbau durchführen. Es gibt auch Beispiele für den Ausbau bzw. Neuaufschluss der Lagerstätte in bestehenden Bergwerken mit Fördermengen von Großtagebauen, wie das Beispiel des Bergwerkes Kiruna der LKAB in Schweden zeigt.

Die bisher in Tagebauen zum Standard gewordenen Gerätedimensionen von Lade- und Transportfahrzeugen können aus Gründen der Abmessungen nicht in den Tiefbau übernommen werden. Da jedoch mit nahezu identischen Planungen bei den Fördermengen die Wirtschaftlichkeit der untertägigen Produktionsstätten auch unter Berücksichtigung der sinkenden Metallgehalte berechnet wurde, werden zum Bewältigen dieser Produktionsvolumina neue Lade- und Transportsysteme erforderlich, nicht zuletzt auf Grund der stetig wachsenden Sicherheitsanforderungen und der Qualität der Arbeitsbedingungen. Der vorliegende Beitrag basiert auf dem Vortrag des Verfassers anlässlich des 7. Kolloquiums „Fördertechnik im Bergbau“ der Technischen Universität (TU) Clausthal am 20. Januar 2016 in Clausthal-Zellerfeld.



Fig. 1. Dragline excavator.
Bild 1. Seilbagger. Photo/Foto: Joy Global



Fig. 2. Wheel loader with 53 m³ bucket.
Bild 2. Radlader Schaufelgröße 53 m³. Photo/Foto: Joy Global

1 Loading and transport techniques at opencast mines

The production levels being achieved at modern opencast mines around the world would never have been possible without major technical developments in loading and transport systems. At the same time, falling metal content means that high production rates have to be achieved in order to keep gross output at a cost-effective level and this can only be done by employing high-performance solutions when it comes to loading and transport technology.

The bucket wheel excavators operating at lignite mines play a central role in the opencast mining industry and the size of these machines, which can achieve production rates of up to 240,000 m³/d, gives them an exceptional status in many respects. This lies in the fact that equipment of this type is capable of excavating, loading and transporting lignite along with overburden material. As this technology is specifically designed for loose rock formations it will not be examined further in the course of this paper.

Many opencast mines employ large dragline excavators for winning in solid rock, as these machines are capable of stripping away the overburden and loading out the material (Figure 1). Over the years the mining industry has witnessed the development of machines with bucket capacities of as much as 170 m³ and boom ranges of over 100 m. These systems can move huge quantities of material very cost efficiently and can remain in service for extremely long periods that frequently stretch to several decades. Excavators with bucket capacities of up to 70 m³ are employed for loading the dump trucks with the blasted rock material (ore).

As well as producing different types of excavator the mining industry has in recent years been systematically working on the development of new wheel loaders. With bucket payloads of over 50 m³ these machines have proved extremely efficient at loading the huge haulage trucks whose size and capacity have been optimized for operations of this kind (Figure 2).

The dump trucks that operate in tandem with these high-performance loading machines have payloads of 300 to 400 t. One special development in this equipment category is the Belaz mining dump truck from Belarus (Figure 3), whose dimensions far exceed anything else built to date. This machine is capable of transporting 450 t of material in a single journey. Driven by two diesel motors each of 1,700 kW the minetruck can achieve a

1 Lade- und Transporttechniken in Tagebauen

Die heutigen Fördermengen in den Tagebauen weltweit wären ohne die technischen Entwicklungen bei den Lade- und Transportsystemen nicht möglich geworden. Gleichzeitig sind bei sinkenden Metallgehalten hohe Produktionszahlen für eine weiterhin wirtschaftliche Rohförderung notwendig, die wiederum nur in Verbindung mit leistungsstarken Lösungen in der Lade- und Transporttechnik erreicht werden können.

Eine besondere Position in der Tagebautechnik nehmen die Schaufelradbagger in den Braunkohlentagebauen ein. Ihre Baugröße mit einem Produktionsvolumen von bis zu 240.000 m³/d verleiht ihnen eine gewisse Ausnahmestellung. Dies liegt in der Tatsache begründet, dass mit dieser Technik Braunkohle und Deckgebirge gelöst, geladen und gefördert werden. Da diese Technik für Lockergesteinsformation bestimmt ist, soll darauf nachfolgend nicht näher eingegangen werden.

Als Lade- und Transporttechnik im Festgestein werden in zahlreichen Tagebauen große Seilbagger (Draglines) für das Räumen des Deckgebirges und zum Verfüllen eingesetzt (Bild 1). Dabei sind im Lauf der Jahre Maschinen mit Schaufelgrößen bis zu 170 m³ und Auslegerlängen von mehr als 100 m entwickelt worden. Mit dieser Technik können kostengünstig große Haufwerksmengen bewegt werden, dies über außergewöhnlich lange Betriebszeiten von häufig einigen Jahrzehnten. Für das Beladen der Muldenkipper mit dem gesprengten Gestein (Erz) werden Bagger mit Schaufelgrößen bis zu 70 m³ eingesetzt.

Neben den verschiedenen Baggerbauarten sind in den letzten Jahren die Entwicklungen bei Radladern systematisch vorangetrieben worden. Radlader mit Schaufelgrößen über 50 m³ sind in der Lage, die von der Baugröße her optimierten, zu beladenden Muldenkipper wirtschaftlich zu bedienen (Bild 2).

Die zu diesen leistungsstarken Ladegeräten passenden Muldenkipper verfügen über Nutzlasten von 300 bis 400 t. Eine spezielle Entwicklung stellt in dieser Gerätekategorie der Muldenkipper der Firma Belaz aus Weißrussland dar (Bild 3). Bei seiner Entwicklung wurden alle bekannten Dimensionen übertroffen. Das Gerät ist in der Lage, 450 t zu transportieren. Angetrieben wird das Fahrzeug von zwei Dieselmotoren mit je 1.700 kW. Voll beladen kann es in der Ebene eine Geschwindigkeit von 65 km/h erreichen.

Mit solchen Großgeräten für das Laden und Transportieren sind Tagebaue mit Förderraten von 20 bis 60 Mio. t und mehr



Fig. 3. Belaz minetruck, payload 450 t.
Bild 3. Belaz Minetruck, Nutzlast 450 t. Photo/Foto: Belaz

speed of 65 m/h when operating fully loaded on a level surface.

With such huge machines available for loading and haulage duties opencast mines are now able to operate profitably with production rates of 20 to 60 mt and more. The technology can operate down to a working depth of 1,000 m, thereby resulting in travel distances of several kilometres for the dump trucks.

Because of the layout of the workings belt conveyor installations have so far only been used in exceptional cases for transport duties at opencast mines. Standard conveyors have a limited gradient capacity and require crusher stations to break up the material prior to loading.

Opencast mines are now switching over to deep operations and in future the production rates realised above ground are to be replicated in the newly developing underground mines. However this will not be achieved using the huge excavators and dump trucks of the size referred to above, as the underground workings will be completely unsuitable for machines of this scale. Loading and haulage operations in deep mines will require technology that is capable of transporting the excavated material reliably and cost effectively from the production points to a centralised bunker-crusher station below ground.

2 Loading and transport systems for mining and tunnelling

Loading in mining and tunnelling is typically undertaken by bucket-type wheel loaders and free-steering loaders that are usually powered by diesel motors. While tunnel construction projects have achieved very good results using standardised wheel loaders from the construction machinery range, the mining sector is continuously developing and refining its LHD vehicles, especially for working under solid rock conditions. The machines currently available can pick up and transport loads weighing up to 25 t.

High-performance electric drive systems have also been developed for LHD trucks, with specific solutions now available in the form of highly developed cable reels and control systems. Battery powered LHD vehicles for use underground are still very much in their development infancy and new storage systems for the electrical energy will prove decisive for any wider application of this kind of drive technology.

The wheel loaders employed in tunnel drivages are capable of high speeds when manoeuvring and have a small turning radius

wirtschaftlich zu betreiben. Die Technologie erlaubt Abbausohlen bis in eine Teufe von 1.000 m. Daraus resultieren Fahrstrecken für die Muldenkipper von einigen Kilometern.

Bandförderanlagen konnten beim Zuschnitt der Tagebaue bisher nur in Ausnahmefällen eingesetzt werden. Sie erlauben in der Standardausführung nur ein begrenztes Ansteigen und erfordern aus Gründen der Fragmentierung des Haufwerks vor der Beladung Brecherstationen.

Derzeit werden Tagebaue in den Tiefbau überführt und zukünftig sollen die im Tagebau erreichten Fördermengen aus den neu entwickelten Tiefbauten gewonnen werden. Dies aber nicht mit Großgeräten wie Bagger und Muldenkippern der genannten Größenordnungen, da die Abmessungen der Grubenbaue dafür nicht ausreichen. Für die Lade- und Transporttechnik im Untertagebetrieb wird eine Technik benötigt, welche die gewonnenen Massen sicher und kostengünstig von den Betriebspunkten in der Gewinnung zur untertägigen zentralen Bunker-/Brecherstation transportieren kann.

2 Lade- und Transportsysteme im Berg- und Tunnelbau

Die Ladetechnik im Berg- und Tunnelbau ist geprägt von untergriffigen Rad- und Fahrladern, die überwiegend mit Dieselmotoren ausgerüstet sind. Während der Tunnelbau mit standardisierten Radladern aus dem Baumaschinenprogramm sehr gute Resultate erzielte, wurden im Bergbau, insbesondere im Festgesteinsbergbau, die LHD-Lader kontinuierlich weiterentwickelt. Die heutigen Baugrößen können Lasten bis zu 25 t aufnehmen und transportieren.

Gleichzeitig wurden für die LHD-Lader leistungsfähige elektrische Antriebssysteme entwickelt. Betriebsgerechte Lösungen sehen heutzutage hochentwickelte Kabeltrommeln und deren Steuerung vor. Der technische Stand von batteriebetriebenen Fahrladern für den Untertagebetrieb steht noch am Anfang der Entwicklungen. Hier werden neue Speichersysteme für die elektrische Energie entscheidend für eine breite Einsatzfähigkeit dieser Antriebstechnik sein.

Die in Tunnelvortrieben verwendeten Radlader zeichnen sich durch hohe Geschwindigkeit beim Manövrieren und große Wendigkeit bei beengten Verhältnissen aus. Der Einsatz von Baggern als Ladegerät in Tunnelvortrieben hat eine lange Tradition. Besonders wendige Geräte haben sich durch hohe Ladeleistungen ein Marktsegment geschaffen. Diese Technik wird auch in Bergwerken mit entsprechenden Abmessungen der Grubenbaue eingesetzt.

Der Einsatz von obergriffigen Ladern hat sich in Tunnelvortrieben bei besonders beengten Verhältnissen bewährt (Bild 4). Der Einsatz in Festgesteinsvortrieben und im Bergbau erfolgte bisher nur bei sehr speziellen Rahmenbedingungen. Bei diesem Ladesystem entfällt das sonst übliche Verfahren und Rangieren der Lademaschine. Es wird von einem mehr oder weniger kontinuierlichen Ladevorgang gesprochen.

Zu dieser Maschinenbauart zählen ebenfalls die Seitengrifflieder, auch als Hummerscherenlader bekannt. Diese Technik wird in erster Linie noch in Lockergesteinsformationen und in der Steinkohle eingesetzt. Sie kann hinsichtlich ihres Verschleißes mit auf Hartgesteinsverhältnissen abgestimmten Standzeiten interessant werden.

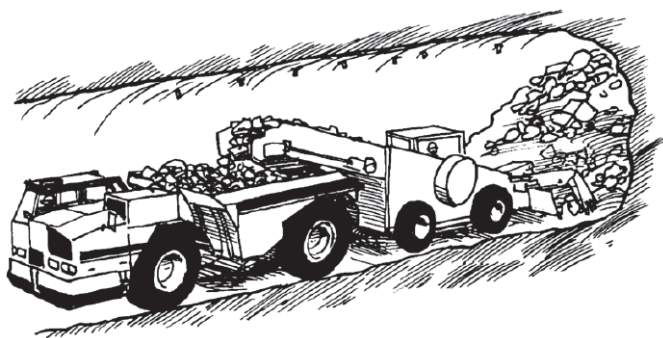


Fig. 4. Continuous loading system.

Bild 4. Kontinuierliche Ladetechnik. Source/Quelle: Atlas Copco

when operating in confined spaces. Excavators have traditionally been used as the standard equipment for tunnelling projects and the high loading performance of these highly versatile machines has helped them establish a market segment all of their own. This technology is also employed in coal mines, if and when the dimensions of the underground workings permit.

The use of over-reach loaders has proved very effective in tunnel drivages, especially where there is little manoeuvring space (Figure 4). However, in solid rock drivages and in mining applications equipment of this type has to date only been employed under quite specific working conditions. With this type of loading system the loading machine no longer has to move about and manoeuvre into place, as would normally be the case, but operates in conjunction with an almost continuous loading cycle.

Machines in this design category also include the side-arm grab loader, also known as the gathering-arm loader. This technology is mainly deployed in loose rock formations and in the coal mining industry. Equipment of this kind is very hard wearing and can deliver an impressive performance when it comes to enduring hard-rock conditions.

The loading performance of all the aforementioned mining and tunnelling machines will depend on the travelling distance that has to be covered before the load is delivered on to a transport system. As this distance increases so the loading performance will decline. The haulage circuit therefore has to be optimised to a maximum for underground tunnelling and mining operations, which means keeping it as short as possible.

Debris transport in tunnel drivages is undertaken by standard construction-industry dumper trucks of up to 40 t in weight. Modified road-going trucks are also being used increasingly for haulage tasks of this kind, which means that the waste material can also be transported away via the public highway. Vehicle travel speeds are usually a decisive factor when selecting mobile equipment for tunnel construction work, especially when long haulage distances are involved.

Belt conveyors are set to be employed increasingly in tunnel drivages with long section lengths and the experiences obtained with belts in conventional drivages has proved encouraging. Mechanised roadheading projects with full-face tunnelling machines now almost always employ belt installations for debris clearance work.

The deployment of minetrucks and dumpers below ground has increased substantially in recent years (Figure 5). In greenfield

Die Ladeleistung aller genannten Geräte für den Berg- und Tunnelbau sind abhängig von der Fahrstrecke, die sie bis zur Aufgabe auf ein Transportsystem zurücklegen müssen. Die Ladeleistung fällt mit steigender Fahrstrecke. Daher sind sowohl im Tunnel- als auch im Bergbau die Fahr- oder Transportstrecken grundsätzlich zu optimieren. Sie sollten so klein wie möglich sein.

Für den Transport des Haufwerks in Tunnelvortrieben werden Dumper aus dem Baumaschinenprogramm in Baugrößen bis zu 40 t eingesetzt. Auch modifizierte Straßen-LKWs werden zunehmend für den Abtransport verwendet. Dies ermöglicht gleichzeitig den Transport von Ausbruchsmaterial über öffentliche Straßen. Entscheidend bei der Wahl der Transportfahrzeuge im Tunnelbau ist immer die mögliche Fahrgeschwindigkeit besonders bei langen Transportstrecken.

Der Einsatz von Gurtförderern in Tunnelvortrieben mit großen Loslängen wird zunehmen. Die Erfahrungen mit Gurtförderern in konventionellen Vortrieben waren positiv. Bei mechanischen Vortrieben mit Vollschnittmaschinen werden fast ausschließlich Gurtförderer verwendet.

Der Einsatz von Minetrucks oder Dumpfern in Bergwerken hat in den letzten Jahren deutlich zugenommen (Bild 5). Besonders bei Greenfield-Projekten folgt der Abbau der Lagerstätte in die Tiefe und die Förderung kann mit geeigneten Fahrzeugen dieser Entwicklung folgen. Darüber hinaus werden Minetrucks auch bei untertägigen Vor- und Herrichtungsarbeiten benötigt, wenn die Infrastruktur für den folgenden Abbau noch zu erstellen ist und die Fahrstrecken für die LHD-Lader zu lang werden. Die heute ein-

projects, in particular, mining has tended to follow the deposits deep below ground and suitable vehicles are now available to keep pace with this development. What is more, minetrucks are also needed for underground development and equipping work if the infrastructure for the subsequent extraction phase is not yet in place and the travelling distances are becoming too large for LHD vehicles. Today's trucks are usually diesel powered and have payloads of as much as 85 t. According to operating experience acquired over the years this now seems to be the maximum size. New vehicle drive systems have also been developed to commercial viability, including electric motor units. The future will show whether or not such technology can establish itself in this sector.

3 The overlap between mining and tunnelling projects

For many years it was normal for know-how acquired in the mining industry to be transferred to the tunnel construction sector. This included drilling and firing technology, loading and haulage methods and the design and selection of support systems. This situation was reversed some 30 to 40 years ago due to the increase in tunnel engineering projects and the mining sector is now able to borrow from tried and tested tunnelling techniques for its underground operations. The New Austrian Tunnelling Method (NATM), which employs rockbolts and shotcrete, is a typical example of such technology transfer.

In addition, it seemed no more than logical to apply tunnel construction techniques when developing new mines, as the cross-sectional dimensions required below ground tend to be fairly similar to those employed in surface projects such as road tunnels and railway tunnels. This induced mining companies to employ internationally recognised tunnel construction firms for the planning and execution of new mine projects.

The gradual fusion of mining and tunnelling technology has resulted in the efficient development of new, large-scale mining installations. This has primarily involved the application of loading and transport techniques developed for the tunnelling industry, along with, of course, rockbolting and shotcreting technology.

As roadway drivages in modern mines can be several kilometres in length, belt conveyor systems are generally employed for the removal of the heading debris. When using belt installations of this kind the blast rock first has to be gathered by the roadhead loader and fed into a preliminary crusher so that the material can then be reduced to a manageable size for transport to the surface by continuous conveyor.

4 Loading and conveying – a challenge for mine planners

When laying out a new mine for an annual production figure of 50 mt the planning team has to prepare for a daily output of between 140,000 and 200,000 t, allowing for the number of working days per year. Production levels on this scale cannot normally be achieved, unless in exceptional cases, by means of vertical shaft installations. The only exceptions tend to be mines that are equipped with several high-performance shaft winding systems, such as the LKAB-owned Kiruna mine in Sweden (Figure 6). This facility is able to produce more than 30 mt of ore a year from its new main haulage level at a depth of 1,345 m thanks to a transport circuit that comprises five staple shafts and seven surface



Fig. 5. 35 t minetruck.
Bild 5. 35 t-Minetruck. Photo/Foto: GHH

gesetzten Trucks sind zumeist dieselgetrieben und verfügen über Nutzlasten bis zu 85 t. Dies erscheint nach den Erfahrungen der vergangenen Jahre die derzeit maximale Baugröße zu sein. Andere Antriebssysteme, wie Elektromotoren, sind mittlerweile bis zur Marktreife entwickelt worden. Die Zukunft wird zeigen, wie sich diese Technologie durchsetzen kann.

3 Schnittmengen bei Tunnel- und Bergbauprojekten

Es vergingen viele Jahre, in deren Verlauf der Bergbau sein Wissen in den Tunnelbau transferierte. Das betraf die Bohr- und Sprengtechnik, das Laden und Transportieren sowie die Dimensionierung und Wahl des Ausbaus. Dies kehrte sich vor etwa 30 bis 40 Jahren durch den zunehmenden Tunnelbau um. Der Bergbau kann nun neu entwickelte, bewährte Techniken aus dem Tunnelbau in den untertägigen Betrieb übernehmen. Stichworte wie Neue Österreichische Tunnelbauweise (NÖT) mit Anker und Spritzbeton sind nur ein typisches Beispiel.

Darüber hinaus bot es sich an, Tunnelbautechniken bei der Entwicklung neuer Bergwerke anzuwenden, da die nun notwendigen Querschnitte der Grubenbaue sich denen der Tunnelprojekte – Straßen- und Eisenbahntunnel – annäherten. Dies veranlassete die Bergwerksgesellschaften für die Planung und Ausführung ihrer neuen Bergwerke international bekannte Tunnelbauunternehmen heranzuziehen.

Mit dem Verschmelzen von Tunnel- und Bergbautechnik können die neuen Großbergwerke leistungsstark entwickelt werden. Insbesondere werden dabei die Lade- und Transporttechniken des Tunnelbaus genutzt und natürlich die Anker- und Spritzbetontechnologie.

Da die Auffahrlängen der Grubenbaue mehrere Kilometer betragen können, werden für die Abförderung des Gesteins Gurtförderer eingesetzt. Beim Einsatz solcher Förderanlagen muss das gesprengte Haufwerk vom Ladegerät vor Ort zunächst auf einen Vorortbrecher gegeben werden, um anschließend mit der richtigen (sicheren) Fragmentierung kontinuierlich nach Übertage transportiert zu werden.

4 Laden und Fördern – eine Herausforderung bei der Bergwerksplanung

Bei der Auslegung eines Bergwerks für eine Jahresförderung von 50 Mio. t ist eine Tagesförderung zwischen 140.000 und 200.000 t unter Berücksichtigung der Arbeitstage pro Jahr zu planen. Derartige Fördermengen sind nicht oder nur in Ausnahmefällen mit sei-

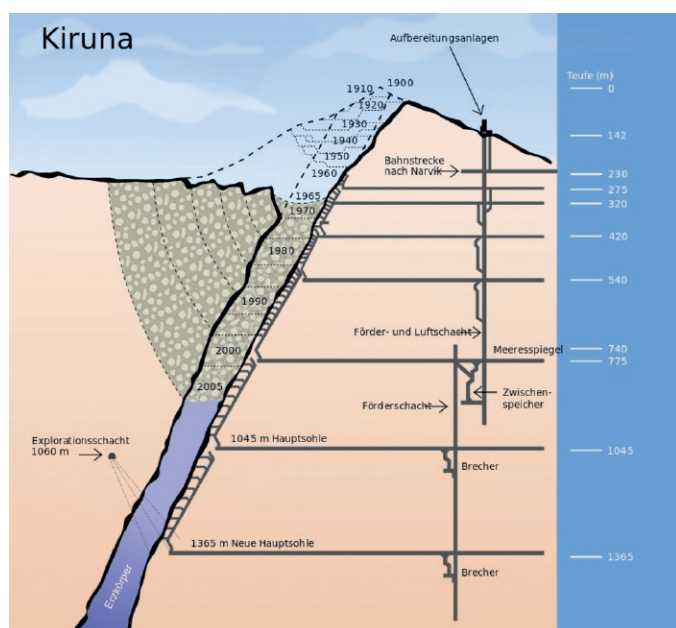


Fig. 6. The Kiruna ore mine.

Bild 6. Erzbergwerk Kiruna. Source/Quelle: LKAB

shafts. The ore is transported by LHD vehicles from the extraction points to an all-automatic shuttle train.

LHDs of 17 to 25 t payload, with part-electric drive, are also employed for loading the ore after blasting (Figure 7). The length of the haulage routes and the quality of the roadway surface are again a decisive factor in this operation.

In mines that employ block caving methods the length of the haulage circuit is also crucial for maintaining economic efficiency. Experience has shown that distances of up to 200 m from the loading point to the crusher or bunker feed station can be considered as favourable. Anything longer than this will have a critical impact on the loading and transport performance of the LHD vehicles and for this reason shorter haulage routes have to be factored into the system right from the planning stage.

The product is then transported to the surface via a series of belt conveyors that are suitably dimensioned for the task. Conveyor tunnels are currently driven at a rising gradient of 10 to 15%, while roadways destined purely for haulage work have an 8 to 10% gradient. Ventilation models also constitute a vital element in the planning process as it is important to ensure that the mine air is not overloaded with diesel fumes if the loading equipment is to be diesel powered.

Operating experience with block caving in a copper ore mine has found that a fleet of 14-t LHD units operating on a continuous basis (seven days, three shifts) along a haulage route of up to 200 m can on average load and transport 2,500 t of material a day per vehicle. This means that 20 loaders are required for a daily output of 50,000 t and 60 units for an output of 150,000 t. Each loader is fitted with a 250 kW diesel motor and a fleet of 60 loaders in action equates to a total of around 15,000 kW of diesel power within a fairly 'limited' working area.

The fragmentation of the blast rock is another important factor for the mine planners. This will have a major impact on loading capacity and on the right choice of loader size and bucket. When drilling and firing is being used rock fragmentation can be

geren Schachtförderanlagen realisierbar. Ausnahmen stellen Bergwerke mit mehreren leistungsstarken Schachtfördersystemen dar. Dazu zählt z.B. das Bergwerk Kiruna der LKAB in Schweden (Bild 6). Hier werden von der neuen Hauptfördersohle in 1.345 m Tiefe über fünf Blind- und sieben Tagesschächte mehr als 30 Mio. t pro Jahr gefördert. Der Transport aus den Abbaubereichen erfolgt über LHD-Lader und einen vollautomatischen Zugbetrieb.

Das Laden des gesprengten Erzes erfolgt mit LHD-Ladern von 17 bis 25 t Nutzlast, die teilweise elektrisch angetrieben sind (Bild 7). Entscheidend sind auch hier wieder die Länge der Fahrstrecken und die Qualität der Fahrbahnen.

Auch in Bergwerken, die Blockbruchbau betreiben, ist die Länge der Transportwege entscheidend für die Wirtschaftlichkeit. Erfahrungen haben gezeigt, dass eine Distanz bis zu 200 m vom Ladepunkt bis zur Aufgabe auf einen Brecher oder Bunker als günstig anzusehen ist. Längere Fahrwege drosseln die Lade- und Transportleistung der eingesetzten LHD-Lader entscheidend, weshalb kürzere Fahrwege bereits in der Planung anzustreben sind.

Die Förderung nach Übertage erfolgt dann mit entsprechend dimensionierten Gurtförderanlagen. Derzeit werden die Fördertunnel mit einem Ansteigen von 10 bis 15% aufgefahren, reine Transportstrecken mit 8 bis 10%. Ein wichtiges Planungskriterium sind darüber hinaus die Wettermodelle, damit bei Dieselbetrieb der Ladegeräte keine sogenannte Überdieselung der Wetter eintritt.

Nach den Erfahrungen mit Blockbruch in einem Kupferbergwerk werden bei einer Transportstrecke bis zu 200 m für einen 14 t LHD-Lader im Durchlaufbetrieb – sieben Tage, drei Schichten – im Mittel pro Gerät 2.500 t/d geladen und transportiert. Für eine Tagesförderung von 50.000 t werden 20 Lader benötigt und 60 Lader für 150.000 t. Jeder Lader besitzt einen 250 kW Dieselmotor. Bei 60 eingesetzten Ladern in einem von der Ausdehnung her „überschaubaren“ Abbaubereich sind ca. 15.000 kW Dieselleistung im Einsatz.

Ein weiterer wichtiger Faktor bei der Planung ist die erforderliche Fragmentierung des Haufwerks. Sie hat einen entscheidenden Einfluss auf die Ladefähigkeit und auf die Wahl der richtigen Ladergröße mit der geeigneten Schaufel. Bei der Gewinnung mit Bohr- und Sprengtechnik kann durch genaues Bohren und die Auslegung des Sprengstoffs die Fragmentierung mit hoher Genauigkeit gesteuert werden.

Bei der Gewinnung im Blockbruchbau ist immer eine gewisse Grauzone hinsichtlich der geologischen Gegebenheiten im Gebirge einzukalkulieren. Daher sollte schon bei der Planung solcher Betriebe das mögliche Anfallen übergroßer Erzbrocken berücksich-



Fig. 7. Electric-powered LHD vehicle.

Bild 7. Elektrisch betriebener LHD-Lader. Photo/Foto: GHH



Fig. 8. 60 t minetruck.
Bild 8. 60 t-Minetruck. Photo/Foto: Atlas Copco



Fig. 9. 80 t minetruck.
Bild 9. 80 t-Minetruck. Photo/Foto: Sandvik

controlled very precisely by accurate drilling and targeted placing of the explosives.

When winning mineral using the block caving method a certain grey area always has to be factored into the geological realities of the strata. This means that those responsible for planning the mining operations have to make allowance for the possible occurrence of oversized pieces of ore. Such obstructive items often pose real problems for the loading work and large blocks of this kind cannot always be either loaded or transported.

5 Techniques and requirements for the machines and equipment of the future

The machines that are now available for mineral loading and transport duties have evolved and developed over the decades to their present high level. However, the challenges being posed by mining installations of a completely new order and magnitude now mean that tried and tested technology is only usable to a limited degree. This can be attributed to the loading performance of the current machinery, which is something that cannot be increased simply by moving up to a higher weight category. Moreover, ventilation requirements dictate that equipment should be capable of switching over to electric power and this kind of drive system can now be considered as a real option for haulage distances of up to 250 m.

At the same time, consideration has to be given to the loading equipment's potential for part automatic operation, at least. Machine travel should pose no problems, technically speaking, for operation by automatic control and a number of institutes and manufacturers are currently examining systems that will enable LHD vehicles to pick up rock material in this way. A solution to this problem is to be presented in the not-too-distant future. In any case, any further boost in transport capacity based on LHD technology will not be possible without increasing the number of vehicles deployed.

Higher levels of loading and transport could be achieved by employing minetrucks with payloads of 40 to 100 t (Figures 8, 9). These vehicles can be fitted with specially adapted motors as they will only be deployed in level roadways with very well maintained travelling surfaces. Loading at the roadhead will have to be carried out using some other method, as there will be insufficient space in this area for the deployment of LHD units. Moreover, an unnecessary amount of time will be lost through manoeuvring.

sichtigt werden. Derartige Stücke behindern die Ladearbeit häufig erheblich. Zudem sind übergroße Brocken nur eingeschränkt lade- und transportfähig.

5 Techniken und Anforderungen an die Maschinentechnik der Zukunft.

Die heutige Maschinentechnik für die Lade- und Transportarbeit wurde entwicklungs-technisch im Verlauf von Jahrzehnten auf den heutigen Stand gebracht. Infolge der Herausforderungen durch Bergwerke einer ganz neuen Größenordnung sind die bewährten Techniken nur noch eingeschränkt anzuwenden. Dies liegt in der möglichen Ladeleistung der heute marktüblichen Geräte, welche nicht durch noch größere Gewichtsklassen in der Ladeleistung gesteigert werden kann. Zudem sollte aus wetter-technischen Gründen die Möglichkeit bestehen, auf einen Elektroantrieb zu wechseln. Diese Antriebsart kann bei Fahrstrecken bis 250 m durchaus als Option betrachtet werden.

Gleichzeitig muss das Potential eines zumindest teilweisen Automatikbetriebs der Lader betrachtet werden. Der Fahrbetrieb ist technisch für die Automatisierung unproblematisch. Das Aufnehmen von Haufwerk für einen LHD-Lader wird derzeit von zahlreichen Instituten und Herstellern untersucht. Es wird mittelfristig eine Lösung präsentiert werden. Eine weitere Steigerung der Förderung ohne Erhöhung der Laderanzahl ist mit der LHD-Technik nicht möglich.

Höhere Lade- und Transportleistungen könnten mit Minetrucks mit Nutzlasten von 40 bis 100 t realisiert werden (Bilder 8, 9). Diese Trucks können mit angepassten Motoren ausgerüstet sein, da sie nur in söhligem Strecken mit optimaler Fahrbahn eingesetzt werden. Ihre Beladung muss im Vorortbereich durch andere Techniken erfolgen, da für das Beladen mit einem LHD-Lader nicht genügend Raum zur Verfügung steht. Zudem würde durch das Rangieren unnötig viel Zeit verloren gehen.

In dieser Betriebssituation könnte das Beladen z.B. durch obergriffige Ladesysteme mit eingebautem Förderer mit hoher Leistung und ohne die Notwendigkeit des Rangierens erfolgen. Diese Ladeeinrichtungen können elektrisch betrieben werden und einen wesentlichen Beitrag zur Verbesserung des Grubenklimas liefern.

Für die genannten Fördermengen werden von verschiedenen Herstellern darüber hinaus Bandsysteme entwickelt, die durchaus einen wichtigen Beitrag zur Lösung der Aufgabenstellung

In such cases the trucks could be filled using top-loading systems operating in conjunction with a high-performance integral conveyor, which would eliminate the need for vehicle manoeuvring. Loading systems of this kind can be electrically powered and would therefore play a major role in helping to improve the mine climate.

A number of manufacturers are also developing belt conveyor systems capable of handling material flows of this magnitude and these are bound to make a significant contribution towards solving the problem. Innovative designs are also being tested that will enable continuous mineral haulage to be achieved and the Rock Flow System is an example of this (Figure 10).

The fragmentation of the rock material at the loading points remains a decisive factor in all these considerations. No matter what winning method is being used the ore draw points will always be impeded at some stage by large-sized blocks that have to be dealt with either using boom-mounted hydraulic picks or by the more conventional drilling and blasting. These operations will require safe lines of approach for the deployment of the drills and other items of equipment.

6 Outlook

Universities and technical institutes will of course be involved in the development of new loading and transport systems for deep mines where production levels are being planned on an opencast scale. Extensive research work will be needed to design the motors, whether diesel or electric, that will be fitted to the LHD vehicles and mine trucks. The performance levels of these machines are conventionally calculated for full-load operations based on their travel speed on steep inclines. As the planning work for these new mines will be deliberately based on near-level roadways and excellent travelling surface conditions it would easily be possible to take a quite different approach to the motor drive solution.

The technical developments being worked on at present are set to become state-of-the-art technology in the years ahead and will make a huge contribution to loading and haulage performance in the large-scale mining installations of the future. And as it sets out to achieve these objectives the mining industry will always place maximum safety at the top of the agenda.

Author / Autor

Dipl.- Ing. Karl-Heinz Wennmohs,
Mining & Rock Excavation Technique (M & R), Witten



Fig. 10. Rock Flow System.

Bild 10. Rockflow-System. Photo/Foto: Caterpillar

liefern könnten. Auch völlig neuartige Fördersysteme, wie das sogenannte Rockflow-System, befinden sich in der Erprobung (Bild 10).

Ein entscheidender Faktor bleibt bei allen Überlegungen die Fragmentierung des Haufwerks an den Ladepunkten. Unabhängig von der Gewinnungsmethode werden immer wieder sogenannte Knäpper an den Abzugsorten Störungen verursachen, die mit Hilfe z. B. von Auslegern mit einem hydraulischen Felsmeißel oder auch das klassische Knäppern mit Bohren und Sprengen beseitigt werden müssen. Für diese Anwendungen müssen sichere Zugangsmöglichkeiten für die Geräte geschaffen werden.

6 Ausblick

Für die Entwicklung neuer Lade- und Transportgeräte für Untertage-Bergwerke mit der Produktion eines Tagebaus sind natürlich auch die Universitäten und Fachinstitute gefragt. Umfangreiche Forschungsarbeiten für die Auslegung von Motoren – Diesel oder elektrisch – bei LHD-Ladern und Trucks sind notwendig. Üblicherweise werden die Leistungen solcher Geräte in Hinblick auf ihre Fahrgeschwindigkeiten bei großen Steigungen für Volllast berechnet. Da bei der Planung dieser neuen Bergwerke bewusst von nahezu söhligem Betriebsbedingungen bei optimalen Fahrbahnverhältnissen ausgegangen wird, könnten durchaus andere Leistungsansätze bei der Motorisierung gewählt werden. Entsprechende Entwicklungen werden in den nächsten Jahren Stand der Technik werden und einen wichtigen Beitrag bei der Lade- und Transporttechnik in den sogenannten Großbergwerken leisten. Bei den gesteckten Zielen steht darüber hinaus maximale Sicherheit immer an erster Stelle.