issa | INTERNATIONAL SOCIAL SECURITY ASSOCIATION

International Section on Prevention in the Mining Industry

www.issa.int/prevention-mining

VISION ZERO.

Safety and Health in Mining

Safe and healthy jobs in mining, worldwide: that is he aim of the International Section of the ISSA on Prevention in the Mining Industry, in short ISSA Mining. As a not-for-profit organization, ISSA Mining unites operators, sector associations, experts and regulators to improve occupational safety and health as well as emergency response by means of international exchange on good practice, proven strategies and training concepts. ISSA Mining is one of thirteen prevention sections of the Social Security Association, headquarters in Geneva.

In this section of Mining Reporter we will regularly introduce innovations, new findings and trends from an international point of view, helping to design mining work safer and health supporting.

Do you know of more efficient examples? We are looking forward to your advice as well as your feedback on this section. Send an e-mail to helmut.ehnes@issa-mining.org.

Sicherheit und Gesundheit im Bergbau

Sichere und gesunde Arbeitsplätze im Bergbau, weltweit: das ist das Ziel der International Section of the ISSA on Prevention in the Mining Industry, kurz ISSA Mining. Als Non Profit-Organisation vereint ISSA Mining Unternehmen, Branchenverbände, Experten sowie Regelsetzer, um durch den internationalen Austausch von Guter Praxis, bewährten Strategien und Ausbildungskonzepten den Arbeitsschutz und das Rettungswesen zu verbessern. ISSA Mining ist eine von dreizehn Sektionen für Prävention unter dem Dach der International Social Security Association mit Sitz in Genf.

In dieser Rubrik stellen wir Ihnen regelmäßig Innovationen, neue Erkenntnisse und Trends aus dem internationalen Umfeld vor, die dabei helfen, die Arbeit im Bergbau sicherer und gesundheitsgerecht zu gestalten.

Kennen Sie weitere wirksame Beispiele aus der Praxis? Über Ihre Hinweise freuen wir uns ebenso wie über Rückmeldungen zu dieser Rubrik. Senden Sie eine E-Mail an: helmut.ehnes@issa-mining.org.

Steffan Heuer

Underground Pit Stop

Developed by Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck/Germany, in collaboration with the Canadian mining company Goldcorp Inc. and the German engineering company Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH, Emsbüren, the MRV 9000 mine rescue vehicle sets new standards for underground rescue operations. For the first time it was presented on 8th September 2015 on the International Mines Rescue Body Conference (IMRB) in Hanover/Germany.

Boxenstopp im Untergrund

Das Grubenrettungsfahrzeug MRV 9000, das die Drägerwerk AG & Co. KGaA, Lübeck, gemeinsam mit dem kanadischen Bergbauunternehmen Goldcorp Inc. sowie der deutschen Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH, Emsbüren, entwickelt hat, setzt neue Maßstäbe bei der Grubenrettung. Es wurde bei der International Mines Rescue Body Conference (IMRB) am 8. September 2015 in Hannover erstmals öffentlich präsentiert.

If anyone wanted to summarize 21st century mining in a few words, these would be deeper, longer, and more complex. Today, technical progress and the economic realities of mining drive mines to greater depths and distances in the search for valuable mineral resources such as gold, iron ore, salt or potash. This expansion underground also brings new challenges for rescue personnel – in emergencies, it is all important that they are able

Wollte man Bergbau im 21. Jahrhundert mit drei Worten umreißen, dann mit diesen: tiefer, länger, komplexer. Der technische Fortschritt und die wirtschaftlichen Gegebenheiten unter Tage sorgen heute dafür, dass Bergwerke weiter in die Tiefe und Fläche vorangetrieben werden, um Bodenschätze wie Gold, Eisenerz, Salz oder Kali abzubauen. Diese Expansion stellt auch Grubenwehren vor neue Herausforderungen – müssen sie doch im Notfall

Fig. 1. Driving simulation of the MRV 9000.
Bild 1. Fahrsimulation des MRV 9000. Photo/Foto: Dräger

to reach the most remote parts of mines and safely return from their mission. The breathing air supplies that can be carried or transported by rescuers are one of the most important factors for planning of escape and rescue operations.

An innovative response to this challenge can be seen in the Musselwhite Mine in northwestern Ontario, operated by the Canadian mining company Goldcorp Inc. The MRV 9000, a new type of mine rescue vehicle, is developed by Drägerwerk AG & Co. KGaA, the german technology company, based in Lübeck, in cooperation with Goldcorp and Maschinenfabrik Hermann Paus GmbH, Emsbüren/Germany (Figure 1). The development history of the MRV 9000 illustrates how the fruits of close cooperation between a safety-oriented mining company, a supplier of medical and safety technology, and a manufacturer of mining vehicles can carry mine rescue forward into the 21st century.

A risk detected is a danger less!

The MRV 9000 enables safety and rescue crews to reach even the most remote areas of a mine in good time, without the limitations previously dictated by the capacity of breathing apparatus. Goldcorp identified the changing risk profile of deeper and longer mines five years ago and began his search for potential solutions to the situation with a program of tests and simulations. Mining at Musselwhite began in 1997 and, in the meantime, has reached a depth of 1,200 m. In 2014, annual production from the mine was around 278,000 ounces of gold. This yield comes at a price: The horizontal extent of Musselwhite Mine has meanwhile grown to 12 km from the ramp access. Goldcorp's investigations also revealed that, in view of this spatial expansion, rescuers were rapidly approaching the limits of existing mine rescue technology. Even in good visibility and at a speed of 25 kph (15 mph), it would take a team around 45 minutes to get to the remotest corners of the mine. Rescuers would have to don their breathing apparatus on the way to the incident, and depending on the call-out scenario would have only up to four hours of air at their disposal. In the worst case scenario, rescue teams could reach the scene of the incident, but, as the remaining air of their breathing apparatus reached the critical level of 50 %, would have to cancel their mission and return to base.

The bottom line of the analysis: Those mines are beyond the

die entlegensten Winkel einer Grube erreichen können, um aktiv zu werden, und anschließend wieder sicher zurückzukehren. Die Menge an Atemluft, die die Grubenwehrtrupps mit sich führen können, gehört zu den beschränkenden Faktoren bei der Planung von Flucht- und Rettungsabläufen.

Eine innovative Antwort auf diese Herausforderung lässt sich in der Musselwhite Mine besichtigen, die das kanadische Unternehmen Goldcorp Inc. im Nordwesten der Provinz Ontario betreibt. Dort ist seit Herbst 2015 ein neuartiges Grubenrettungsfahrzeug namens „Mines Rescue Vehicle" (MRV) 9000 im Einsatz, das der deutsche Technologiekonzern Drägerwerk AG & Co. KGaA aus Lübeck, in Kooperation mit Goldcorp und der Hermann Paus Maschinenfabrik GmbH, Emsbüren, entwickelt hat (Bild 1). Die Entstehungsgeschichte des MRV 9000 illustriert, welche Früchte die enge Zusammenarbeit zwischen einem auf größtmögliche Sicherheit achtenden Bergbauunternehmen, einem führenden Anbieter von Medizin- und Sicherheitstechnik sowie einem renommierten Hersteller von Bergbaufahrzeugen tragen kann, um die Grubenrettung ins 21. Jahrhundert zu befördern.

Risiko erkannt, Gefahr gebannt!

Das MRV 9000 erlaubt es dem Rettungspersonal, auch die entferntesten Bereiche eines Bergwerks zu erreichen, ohne von der Reichweite der Atemschutzgeräte eingeschränkt zu werden. Goldcorp hatte das veränderte Risikoprofil sich immer weiter ausdehnender Gruben bereits vor fünf Jahren identifiziert und begonnen, sich mit Hilfe von Tests und Simulationen Gedanken über mögliche Lösungen zu machen. Das Bergwerk Musselwhite ist seit April 1997 in Betrieb und inzwischen in eine Teufe von 1.200 m vorgerichtet worden. Im Jahr 2014 produzierte die Mine rund 278.000 Unzen Gold. Der Ertrag hat seinen Preis: Musselwhite's horizontale Erstreckung unter Tage beträgt vom Hauptzugang aus inzwischen 12 km. Die Goldcorp-Untersuchung zeigte auch, dass Retter angesichts dieser räumlichen Erstreckung an ihre technischen Grenzen stoßen. Selbst bei guten Sichtverhältnissen und einer Fahrgeschwindigkeit von 25 km/h wäre ein Team etwa 45 Minuten unterwegs, um die entlegeneren Winkel der Grube zu erreichen. Die Grubenwehrtrupps müssten bereits während der Anfahrt ihre Atemschutzgeräte benutzen, die je nach Einsatzszenario Atemluft für bis zu vier Stunden bieten. Schlimmstenfalls würden die Trupps so zwar an den Einsatzort gelangen, müssten jedoch schon bald unverrichteter Dinge wieder umkehren, da ihr Atemluftvorrat an der kritischen 50 %-Marke angelangt wäre.

Das Fazit der Analyse: Bergwerke mit einer solchen räumlichen Ausdehnung liegen außerhalb der Reichweite herkömmlicher Atemschutzgeräte. Dieses Problem betrifft nicht nur Musselwhite, sondern auch andere Goldcorp-Standorte sowie Bergwerke von Bergbauunternehmen in aller Welt. Goldcorp´s Nachforschungen sorgten für eine innovative Initialzündung. Die Experten von Goldcorp und Dräger spielten über Monate verschiedene Szenarien durch, wie sich das Reichweitenproblem unter Tage sicher und effizient lösen ließe. Sie erörterten und verwarfen diverse Ideen, wie etwa zusätzliche Atemschutzgeräte an verschiedenen Punkten unter Tage zu deponieren oder eine Rettungskapsel als Anhänger hinter einem vorhandenen Fahrzeug mitzuführen. Da es keine brauchbare Lösung auf dem Markt gab, blieb am Ende der Gedanke, ein neues Fahrzeug zu entwerfen.

Fig. 2. First presentation of the MRV 9000 on the IMRB 2015.
Bild 2. Erstpräsentation des MRV 9000 auf der IMRB 2015.
Photo/Foto: BG RCI

range of the existing breathing apparatus. This problem is by no means unique to the Musselwhite Mine, it also applies to other Goldcorp mines and the mines of other operators around the globe. Goldcorp's research provided an innovative vital spark. The experts of Goldcorp and Dräger spent months playing through several scenarios that might safely and efficiently solve the problems of insufficient range for underground rescue operations. They investigated and threw out various ideas, e.g., stockpiling breathing apparatus at various locations underground, or a rescue capsule to be towed behind existing vehicles. As there were no readily available solutions on the market, the only way left open was to design a new vehicle.

When breathing apparatus is pushed to the limit

Kent Armstrong, Dräger, remembered an underground fire at the MacIntyre Mine in Canada in 1965. The incident, at a depth of around 1,500 m (almost 5,000 feet), made it very clear to rescuers that breathing apparatus for two-hour rescue missions were no longer sufficient for safe and efficient operations at ever-increasing depths. Dräger's BG 174 closed-circuit breathing apparatus first closed this safety gap in the mid nineteen-sixties. It provided search and rescue teams with breathing air for up to four hours. But today, even this standard is far from sufficient when the journey to and from an incident at the farthest point of a mine can take almost two hours. At the same time, the further development of mobile systems is limited by physical factors, because nobody can carry a system with air for eight or nine hours on the back. Simple improvement of rescue team mobility is also no viable solution to the problem. Rescue vehicles that drive into mines like an all-terrain ambulance, fight fires, and provide first aid to the injured while miners hold out in emergency shelters and rescue chambers are nothing new. Solutions like these have been in use for the past few years. What was missing, was a vehicle with a self-contained air supply that would be completely independent from the surrounding atmosphere. In the discussions between Dräger and Goldcorp it crystallized out that the best solution would be a vehicle with an air-sealed cabin and cassette or in other words, a mobile rescue chamber in which the rescue team can safely make the journey to an incident and only needs

Wenn Atemschutzgeräte an Grenzen stoßen

Kent Armstrong von Dräger erinnerte sich in diesem Zusammenhang an einen Grubenbrand im Jahr 1965 in der MacIntyre Mine in Kanada. Das Unglück in rd. 1.500 m Teufe führte den Rettern vor Augen, dass Atemschutzgeräte mit zwei Stunden Einsatzdauer nicht mehr ausreichten, um in immer tieferen Gruben sicher und effektiv zu operieren. Das Kreislaufatemschutzgerät BG 174 von Dräger schloss Mitte der 1960er Jahre erstmals diese Sicherheitslücke. Es versorgte Einsatzkräfte mit bis zu vier Stunden Atemluft. Doch selbst dieser Standard reicht heute nicht mehr aus, wenn die Hin- und Rückreise zum entferntesten Punkt unter Tage jeweils fast zwei Stunden in Anspruch nimmt. Gleichzeitig sind dem Ausbau mobiler Systeme physische Grenzen gesetzt, da niemand ein Gerät auf dem Rücken tragen kann, das Atemluft für acht bis neun Stunden vorhält. Eine höhere Mobilität der Retter allein löst das Problem ebenso wenig. Rettungsfahrzeuge, die wie ein geländetauglicher Krankenwagen in die Grube einfahren, um Brände zu bekämpfen und Verletzte zu versorgen, während die Bergleute in sogenannten Flucht- und Rettungskammern ausharren, sind nichts Neues. Derartige Lösungen sind seit einigen Jahren im Einsatz. Was bislang fehlte, war ein Fahrzeug mit einer Luftversorgung, die von der Umgebungsluft unabhängig ist. Als beste Lösung stellte sich bei den Überlegungen ein Fahrzeug mit luftdichter Fahrerkabine und Kassette heraus, gemeint ist die mobile Rettungskammer, in dem ein Grubenwehrteam sicher unterwegs ist – und erst dann das eigene Atemschutzgerät aktiviert, wenn es am Einsatzort angekommen ist und aussteigen muss.

Eine solche Rettungskammer mit Allradantrieb entwarfen die Experten bei Goldcorp und Dräger. Zudem stieß man im Zuge der Planung auf die auf Bergbaufahrzeuge spezialisierte Maschinenenfabrik Herman Paus. Von der ersten Skizze bis zum fertigen Fahrzeug vergingen rund zweieinhalb Jahre, in denen die drei Unternehmen die technischen Anforderungen ausarbeiteten und immer wieder Änderungen vornahmen. Enthüllt wurde das MRV 9000 auf der International Mines Rescue Body Conference (IMRB) am 8. September 2015 in Hannover (Bild 2). Wenig später wurde es auf dem Mine Emergency Response Drill der amerikanischen Mine Safety and Health Administration (MSHA) in Missouri weiteren Tests unter realistischen Bedingungen unterzogen.

60 % Steigfähigkeit, bis zu 33 km/h schnell

Das Fahrzeug bietet Innovationen auf mehreren Ebenen, die insgesamt einen sicheren Transport – so nah wie möglich an den Einsatzort – erlauben. Mit einer Spitzengeschwindigkeit von 33 km/h und einer Steigfähigkeit von 60 % ist das Fahrzeug für den rauen Einsatz unter Tage ausgelegt. Voll beladen wiegt es rd. 9 t und agiert unabhängig von der Umgebungsluft, da Fahrerkabine und Kassette mit einem Spül-Luftsystem ausgestattet sind, das die Besatzung mit frischer Atemluft versorgt. Je nachdem, wie viele Personen sich an Bord befinden, kommt das MRV 9000 auf eine Betriebszeit von bis zu fünf Stunden: anderthalb Stunden für die Einfahrt, zwei Stunden am Einsatzort unter Tage und anderthalb Stunden für die Rückfahrt. Nach maximal 45 Minuten ist es wieder bereit für den nächsten Einsatz.

Sobald die mit persönlichem Atemschutz ausgerüsteten Rettungskräfte das Fahrzeug verlassen haben, kann der Luftstrom für die verbliebene Besatzung heruntergefahren werden, um Atemluft

to don personal breathing apparatus immediately before leaving the cassette on arrival at the scene.

The experts at Goldcorp and Dräger designed this mobile rescue chamber with all-wheel drive. While still in the planning phase, they located Paus, an engineering company, spezialised in the constructoin of mining vehicles. The team worked on this project for two and a half years from initial drafts to the finished vehicle, a period in which the three companies were to work on, and frequently revise, the technical specifications. The MRV 9000 was finally unveiled at the International Mines Rescue Body Conference in Hanover/Germany, on 8th September 2015 (Figure 2). A short time later, it was subjected to evaluation testing under realistic conditions at the Mine Emergency Response Drill of the American Mine Safety and Health Administration (MSHA) in Missouri.

60 % grade-climbing capability and a top speed of 33 kph

The vehicle offers innovations at a number of different levels that, in combination, allow safe transportation of rescue personnel to the immediate vicinity of the incident location. With a top speed of 33 kph (20 mph) and climbing power for grades of up to 60 %, the vehicle is equipped for deployment in rough terrain in mines. Fully loaded, the vehicle weighs in at around 9 t (20,000 lbs) and, as both the cabin and the cassette are equipped with air purging systems that provide the crew with fresh breathing air, is non-reliant on ambient air supply. Depending on the number of persons carried, the MRV 9000 offers deployment times of up to five hours – 90 minutes to reach the destination, two hours at the incident location, and 90 minutes for the return to base. The vehicle can be readied for subsequent missions within a time-window of 45 minutes.

As soon as crew members with personal breathing apparatus have left the vehicle, the air supply can be regulated down to meet the needs of the remaining crew onboard and economize on breathing air. In all, the cabin and the cassette offer seating for nine persons and space for a rescue basket or stretcher for the recovery of injured miners. The capacity of the MRV is therefore significantly higher than the mandatory rescue team capacity of five persons stipulated by the Canadian authorities. In the vehicles already deployed by Goldcorp, breathing air is supplied by a total of six 6,000-psi compressed air cylinders installed in two groups of

Fig. 3. Gas detection system.
Bild 3. Gasüberwachungssystem. Photo/Foto: Dräger

zu sparen. Fahrerkabine plus Kassette bieten insgesamt neun Personen Platz – einschließlich eines Schleifkorbs, um verletzte Kumpel in Sicherheit zu bringen. Damit liegt das MRV deutlich über der in Kanada gesetzlich vorgeschriebenen Grubenwehr-Truppstärke von fünf Personen. In den Fahrzeugen, die bereits von Goldcorp genutzt werden, strömt Atemluft aus insgesamt sechs Gasflaschen mit jeweils 6.000 PSI – sie sind in zwei Gruppen zu jeweils drei Zylindern an beiden Seiten im Vorderteil der Kassette eingebaut. Um das Fahrzeug nach einem Einsatz so schnell wie möglich wieder bereitzustellen, entwickelte man ein hydraulisches Hubsystem, mit dem die Gasflaschen innerhalb von 15 bis 20 Minuten gegen einen unverbrauchten Satz ausgetauscht werden können. Das MRV 9000 verfügt darüber hinaus über ein umfassendes Gasüberwachungssystem, das die Konzentration von Sauerstoff, Stickstoffdioxid, Methan und Kohlenmonoxid in der Umgebungsluft sowie von Sauerstoff, Kohlendioxid und Kohlenmonoxid im Inneren misst. Sobald Grenzwerte über- oder unterschritten sind, wird die Besatzung durch visuelle und akustische Signale gewarnt. Die Messwerte sind zudem im vorderen und hinteren Teil deutlich sichtbar (Bild 3). Fest installierte Wärmebildkameras, vorne wie hinten, lösen Handheld-Varianten ab. Drei Bildschirme – zwei in der Kabine, einer in der Kassette – helfen dem Team bei der Orientierung in staubiger oder verrauchter Umgebung sowie bei der Suche nach Vermissten.

Ein Tisch, drei Hersteller und eine gemeinsame Idee

Zur Realisierung der Idee mussten die drei beteiligten Unternehmen Goldcorp, Dräger und Paus an einem Tisch zusammenkom-

three cylinders each on both sides of the front section of the cassette. To have the vehicle ready for the next mission in the shortest possible time there was developed a hydraulic lift system that allows empty gas cylinders to be removed and replaced within 15 to 20 minutes. The vehicle also features a comprehensive gas detection system that measures exterior concentrations of oxygen, nitrogen dioxide, methane and carbon monoxide as well as oxygen, carbon dioxide and carbon monoxide inside the vehicle. The crew is warned by optical and acoustic signals when threshold values are above or below defined threshold values. The sampled values are also clearly visible in the front cab and rear chamber (Figure 3). Integrated thermal imaging cameras on the front and rear of the vehicle have taken the place of hand-held equipment. Three monitors, two in the cab and one in the cassette, provide the team with orientation in dusty or smoke-filled environments and assist them in searches for missing persons.

One table, three companies, and a common objective

Before the idea could be realized, all three companies had to get together around the table for regular discussions to enable the concept to grow from initial sketches to fully-fledged, detailed construction plans.

The first real challenges the team had to face appeared in the concrete planning and realization phases. At first glance, the project was about designing an autonomous rescue chamber on wheels and installing it on an existing chassis. However, time and again in the discussion of the precise design specifications, the three companies encountered practical issues that demanded modifications to the concept to ensure effective and safe utilization of the vehicle in its future role. This led to the concept of providing the cabin and the cassette with independent air supply systems. Practical testing also revealed that the vehicle's seat ergonomics would have to be adapted to the needs of the rescue crew. As rescuers strap their personal breathing apparatus on their backs on each mission, the front seats of the MRV 9000 are constructed without backrests. Additionally, the design of the doors had to be modified to allow fully-equipped rescuers unhindered access when leaving and entering the vehicle. The idea of a hydraulic lifting system for easy and rapid replacement of the compressed air cylinders carried onboard – like replacing a set of batteries – was also a result of the close cooperation.

Still in 2015 the first two examples of the MRV 9000 were delivered to Goldcorp and are now ready for their first call-outs at the concern's Musselwhite Mine and its Porcupine Mine in Timmins (Figure 4). The first feedback received from other mining companies is positive.

Nevertheless, the MRV 9000 must first earn its place as a component of a modern safety and rescue concept of a mine. The mining industry has taken note of the development and must now think about whether and how it fits in with their own, individual safety concepts. This brings with it modifications to dimensions and equipment determined by the specific needs of a mine and national legal requirements, e.g. regarding motorization or the size of a rescue team. Seen in this light there is no such thing as a mine rescue vehicle universally suited to every mine. But now there is a reliable answer to the question of how mine rescue can work safely and efficiently in the 21st century.

Fig. 4. The MRV 9000 at Goldcorp in Canada.
Bild 4. MRV 9000 bei Goldcorp in Kanada. Photo/Foto: Dräger

men und sich regelmäßig austauschen, damit aus ersten Skizzen detaillierte Baupläne entstanden.

Die eigentlichen Herausforderungen zeigten sich erst in der konkreten Planung und Umsetzung. Auf den ersten Blick ging es darum, eine autarke Rettungskammer auf Rädern zu entwerfen, und sie auf einer bestehenden Karosserie zu befestigen. Im Verlauf der Diskussionen über das genaue Design stieß man immer wieder auf praktische Anforderungen, die Veränderungen verlangten, um einen erfolgreichen Einsatz zu ermöglichen. So entstand das Konzept, nicht nur die Kassette, sondern auch die Fahrerkabine unabhängig mit Atemluft zu versorgen. In praktischen Versuchen stellte sich zudem heraus, dass die Sitze den ergonomischen Bedürfnissen der Retter angepasst werden mussten. Da sie ihr persönliches Kreislaufatemschutzgerät am Mann tragen, haben die Vordersitze des MRV 9000 keine Rückenlehnen. Außerdem musste das Design der Türen modifiziert werden, um dem Grubenwehrtrupp ein ungehindertes Ein- und Aussteigen mit seiner Ausrüstung zu ermöglichen. Auch die Idee, die an Bord mitgeführten Atemluftflaschen mit Hilfe einer hydraulischen Hebevorrichtung einfach und schnell – wie einen Satz Batterien – auszutauschen, entstand im Zuge der Zusammenarbeit.

Noch im Jahr 2015 wurden die ersten beiden Exemplare des MRV 9000 an Goldcorp geliefert und stehen nun in der Musselwhite und der Porcupine Mine in Timmins bereit (Bild 4). Das erste Feedback von anderen Bergbau-Unternehmen auf das neue Rettungsfahrzeug ist positiv.

Gleichwohl muss sich das MRV 9000 erst noch seinen Platz im Sicherheits- und Rettungskonzept der Bergwerke erobern. Die Bergbauunternehmen haben zur Kenntnis genommen, was da entwickelt wurde und müssen sich jetzt Gedanken darüber machen, ob und wie es in ihr individuelles Sicherheitskonzept passt. Das erfordert Anpassungen bei Dimension und Ausstattung, die sich nach den speziellen Anforderungen eines Bergwerks und den gesetzlichen Bestimmungen eines Landes richten, z.B. was die Motorisierung oder die Größe eines Rettungsteams betrifft. Insofern gibt es kein Grubenrettungsfahrzeug, das sich für alle Bergwerke gleich gut eignet. Aber nun gibt es eine verlässliche Antwort auf die Frage, wie Grubenrettung im 21. Jahrhundert funktionieren kann.

Author / Autor
Steffan Heuer, freier Autor, San Francisco/USA