

Refuge Chambers in Underground Coal Mines – Do They Represent a Good Strategy to Manage Emergencies?

The 2006 Sago, Darby, and Aracoma mine disasters in the USA forced the US government to implement legislation (MINER Act) that, among other measures, requires all US underground coal mines to install and maintain refuge chambers to manage emergencies in fires or explosions. However, there is still a debate on

whether this is a good strategy. Australian coal mines adopt a strategy that focuses on instructing mine workers to self-escape to the surface. They are not required to use refuge chambers by Australian mine safety legislation. This paper discusses these two strategies and analyses their merits and problems.

Fluchtkammern im untertägigen Kohlebergbau – Eine gute Lösung zur Rettung gefährdeter Personen im Notfall?

Infolge der Minenunglücke von Sago, Darby und Aracoma in den USA im Jahr 2006 sah sich die US-Regierung veranlasst, u.a. auch die Bereitstellung von Fluchtkammern in allen untertägigen Kohlebergwerken der USA durch rechtliche Vorgaben (MINER Act) vorzuschreiben. Diese sollen für den Fall eines Brands und bei Explosionsgefahr den Bergleuten Schutz bieten. Allerdings ist die Frage, ob der Einsatz von Fluchtkammern in der Kohle sinn-

voll ist, weiterhin nicht abschließend geklärt. In australischen Bergwerken etwa ist ihr Einsatz nicht zwingend vorgeschrieben. Bergleute werden dort vielmehr auf den Fall einer notwendigen Selbstrettung nach Übertage vorbereitet. In diesem Artikel werden die beiden Strategien im Einzelnen diskutiert und ihre Vorzüge und Nachteile gegenübergestellt.

1 Introduction

On 2nd January 2006, an explosion inside a sealed mined-out area occurred at Sago coal mine in the State of West Virginia/USA. Twelve miners perished in this disaster. Following this, the US government implemented the MINER Act that requires all US coal mining companies to install and maintain refuge chambers in their underground mines to manage emergencies in fires or explosions. This strategy has long been adopted in underground hard rock mines, where all miners have to go to the nearest refuge chamber and stay there until mine rescue teams extract them and bring them back to the surface. However, those who are located close to the mine entrance should escape to the surface, if it is deemed safe to do so, rather than going to the nearest refuge chamber.

Since fires in underground coal mines are far more hazardous than those in underground hard rock mines, the hard rock mine refuge chambers are not suitable to be used in coal mines because they are not Intrinsically Safe (IS) certified and are not built to withstand explosion pressure. Therefore, suppliers such as

1 Einführung

Am 2. Januar 2006 ereignete sich eine Explosion im abgedämmten Alten Mann der Kohlegrube Sago im US-Bundesstaat West Virginia. Zwölf Bergleute verloren dabei ihr Leben. Als Reaktion darauf ordnete die Regierung der USA durch ein entsprechendes Gesetz (MINER Act) an, dass alle Betreiber von Kohlebergwerken Fluchtkammern zu installieren und für deren Instandhaltung Sorge zu tragen haben. Hierdurch soll auf die Gefahr durch mögliche Feuer und Explosionen reagiert werden. Im Nichtkohlebergbau sind bereits seit geraumer Zeit Fluchtkammern im Einsatz, die von den Bergleuten im Notfall aufgesucht werden sollen, bis sie von dort durch ein Einsatzteam der Grubenwehr gerettet werden. Lediglich wenn die Flucht nach Übertage aufgrund kürzerer Wege sinnvoller erscheint, muss eine Fluchtkammer nicht aufgesucht werden.

Feuer in Untertagebetrieben auf Kohle gelten als deutlich gefährlicher, als jene in anderen Bergbauzweigen. Fluchtkammern, die beispielsweise für Hartsteinsgruben dimensioniert wurden, sind nicht eigensicher, können den Druckwellen einer Explosion

Hard rock mines fires	Coal mines fires
Limited amount of combustible material (diesel fuel, tyres, explosives, lubricants)	Virtually unlimited amount of combustible material (coal)
Due to limited amount of combustible material, fire will extinguish itself	Due to large amount of combustible material, fire can last months or years
Low explosion risk	High explosion risk from methane

Table 1. Differences between fires in underground hard rock and coal mines.

Australia's Mine ARC and US' Strata Safety developed and manufactured coal mines refuge chambers in late 2000s as a response to MINER Act. These chambers have different characteristics than the hard rock ones, which are described in Section 3 of this paper. If the chambers are used in the USA, they must meet US Mine Safety and Health Administration (MSHA) federal regulations 30 CFR §75.1506 Refuge Alternatives.

Not all underground coal mines worldwide use refuge chambers to manage emergencies in fires or explosions. Coal mines in Australia are not required by Australian mine safety legislation to use refuge chambers. Their strategy focuses on instructing all mine workers to self-escape to the surface in these emergencies. There is still a debate on whether these mines should use refuge chambers like their American counterparts. This paper will analyse merits and problems of using refuge chambers and self-escape to the surface to manage emergencies in fires or explosions in an underground coal mine.

2 Differences between fires in underground hard rock and coal mines

In order to start analysing these two strategies, differences between fires in underground hard rock and coal mines have to be looked at, as shown in table 1.

Table 1 shows that fires in underground hard rock mines are far less hazardous than those in underground coal mines. Fires in underground hard rock mines are easier to manage. When the author was working in a gold mine in Kalgoorlie-Boulder from 2008 to 2011, there were three truck fires. All of them were extinguished within 30 min due to a fire suppression system. All workers managed to reach refuge chambers and they were extracted by the mine rescue team within 1 h.

In coal mines, due to unlimited amount of combustible material, a fire can be difficult or impossible to extinguish. Following are examples of coal fires that have been lasting for years:

- Mount Wingen in the State of New South Wales in Australia. The coal seam located 30 m below this hill is believed to have been burning for 6,000 years (1).
- Centralia coal fire in the State of Pennsylvania in the USA. The fire was accidentally ignited when the residents of the town of Centralia burned their trash in a nearby former open cut coal mine on 27th May 1962. The coal seam in that old mine was ignited and despite many efforts to extinguish it, it is still burning until this day. Eventually the town had to be abandoned and it remains so until this day (2).

Nichtkohlebergbau	Kohlebergbau
Begrenzte Verfügbarkeit von brennbaren Materialien (Diesel, Reifengummi, Sprengstoff, Betriebsstoffe)	Praktisch unbegrenztes Vorhandensein brennbarer Materialien (Kohle)
Brand zeitlich begrenzt (Feuer brennt aus), da nur bestimmte Menge an Brennstoff zur Verfügung steht	Feuer können über Monate oder Jahre hinweg brennen, da große Mengen an Brennstoff zur Verfügung stehen
Geringe Explosionsgefahr	Hohe Explosionsgefahr (wegen Ausgasung von Methan)

Tabelle 1. Unterschiede zwischen Bränden im Kohle- und Nichtkohlebergbau.

nicht standhalten und sind daher nicht als Fluchtkammern in Kohlebergwerken geeignet. Nach der Vorgabe der US-Regierung, Fluchtkammern vorhalten zu müssen, entwickelten Ausstatter wie Australia's Mine ARC und US' Strata Safety Ende des vergangenen Jahrzehnts geeignete Modelle für die Kohle. In Abschnitt 3 dieses Artikels werden deren Eigenschaften in Abgrenzung zu den Ausführungen der anderen Bergbauzweige aufgeführt. Kammern, die in den USA eingesetzt werden sollen, müssen den Anforderungen der Verordnung 30 CFR §75.1506 „Refuge Alternatives“ der US Mine Safety and Health Administration (MSHA) genügen.

Der Einsatz von Fluchtkammern ist im weltweiten Kohlebergbau unter Tage nicht überall üblich. Australische Minen beispielsweise müssen gemäß der dortigen Gesetzgebung keine Fluchtkammern vorhalten. Die Belegschaft wird hier vielmehr darauf vorbereitet, sich im Notfall selbst nach Übertage zu retten. Dennoch bleibt die Diskussion, ob nicht auch hier Fluchtkammern eingesetzt werden sollten. In diesem Beitrag werden die Vor- und Nachteile besprochen, die mit beiden Alternativen – Selbstrettung und Fluchtkammern – in untertägigen Kohlebergwerken im Notfall verbunden sind.

2 Unterschied zwischen Bränden in Kohlebergwerken und anderen Untertagebetrieben

Um die beiden genannten Ansätze der Rettung im Brandfall analysieren und vergleichen zu können, gilt es, zunächst die unterschiedlichen Eigenschaften von Bränden in den verschiedenen Bergbauzweigen zu betrachten. Tabelle 1 gibt hier einen Überblick.

Aus Tabelle 1 geht hervor, dass Brände im Nichtkohlebergbau ein wesentlich geringeres Gefahrenpotential bergen und deutlich leichter zu kontrollieren sind, als jene im Kohlebergbau. Der Autor dieses Artikels hat in der Zeit von 2008 bis 2011 im Golderzbergbau in Kalgoorlie-Boulder gearbeitet. In dieser Zeit kam es zu drei Fahrzeugbränden in der Grube. Dank des installierten Brandwarn- und -abwehrsystems konnten alle Brände jeweils innerhalb von 30 min gelöscht werden. Personal, das sich zwischenzeitlich in Schutzkammern geflüchtet hatte, wurde in allen Fällen binnen einer Stunde durch die Grubenwehr gerettet.

In Kohlebergwerken hingegen kann ein Feuer nur schwer oder sogar gar nicht unter Kontrolle gebracht werden, da durch die Kohle immer weiterer Brennstoff zur Verfügung steht. Im Folgenden werden einige Beispiele für Kohlefeuer genannt, die bereits seit Jahren brennen:



Fig. 1. Hard rock mine refuge chamber (4).
Bild 1. Fluchtkammer aus dem Nichtkohlebergbau (4).

- Brennender Berg (burning mountain) in the State of Saarland/Germany. The coal seam underneath it is believed to have been burning since mid-17th century (3).

The differences between fires in underground hard rock and coal mines have a significant influence on the feasibility of using refuge chambers in both mines. It is obvious that using refuge chambers is a good strategy in hard rock mines because fires in there can be extinguished in a short time. By contrast, fires in coal mines can be impossible to extinguish and can lead to an explosion. This situation negates the purpose of refuge chambers and makes them virtually useless, as described in detail in Section 4.

3 Refuge chambers in hard rock and coal mines

As its name implies, a refuge chamber is a chamber where mine workers take refuge during entrapment emergencies such as fires, explosions, roof falls, and flooding. The chamber provides the workers with life-support system such as breathable air, air conditioning, food, water and waste disposal for a certain amount of time while they are waiting for mine rescue teams to extract them and bring them back to the surface. The maximum duration for life-support systems in these chambers is typically around 100 h if they are filled to capacity. This means that the extraction has to be done within this period.

The main differences between a hard rock and a coal mine refuge chamber are that the latter are designed to meet IS certification and to withstand explosion pressure up to 15 psi or 100 kPa. This is due to a higher explosion risk in coal mines than that in hard rock mines. Figures 1 and 2 show examples of both chambers.



Fig. 2. Coal mine refuge chamber (5).
Bild 2. Fluchtkammer aus dem Kohlebergbau (5).

- Mount Wingen, New South Wales/Australien. Es wird angenommen, dass das Kohleflöz, das sich etwa 30 m unter dem genannten Berg befindet, bereits seit 6.000 Jahren brennt (1).
- Centralia, Pennsylvania/USA. Der Brand wurde versehentlich am 27. März 1962 ausgelöst, als Anwohner ihren Hausmüll in einem ehemaligen Kohletagebau verbrannten. Trotz zahlreicher Lösversuche setzte sich der Brand im Kohleflöz fort und brennt bis heute. Der Ort wurde geräumt und ist seither unbewohnt (2).
- Brennender Berg, Saarland/Deutschland. Das saarländische Kohleflöz brennt Vermutungen zufolge bereits seit dem 17. Jahrhundert (3).

Die verschiedenartigen Bedingungen für Brände in Kohle- und Nichtkohlebergwerken haben gleichsam auch einen Einfluss auf die Eignung von einzusetzenden Fluchtkammern. Da Brände im Nichtkohlebergbau leicht zu kontrollieren sind und schnell gelöscht werden können, erscheint der Einsatz von Fluchtkammern hier sinnvoll. In der Kohle gilt es jedoch zu berücksichtigen, dass Brände unter Umständen nicht gelöscht werden und Explosionen herbeiführen können, was den Einsatz von Fluchtkammern massiv in Frage stellt. Hierüber wird ausführlicher in Abschnitt 4 diskutiert.

3 Einsatz von Fluchtkammern im Kohle- und Nichtkohlebergbau

Wie der Name bereits sagt, stellt eine Fluchtkammer einen Ort dar, an den Bergleute in einer Gefahrensituation flüchten können. Derartige Situationen können Brände, Explosionen, Gebirgsschläge und Wassereintrüche sein. In den Fluchtkammern warten die Bergleute schließlich auf die Rettung durch die Grubenwehr. Die Fluchtkammern sind so ausgestattet, dass die Bergleute während der Wartezeit mit Frischluft und Lebensmitteln versorgt werden. Außerdem sind Einrichtungen zur Klimatisierung der Kammer und zur Abfallentsorgung enthalten. All diese Funktionen können bei maximaler Belegung der Kammer typischerweise für 100 h aufrechterhalten werden. Dementsprechend muss das Team der Grubenwehr innerhalb dieser Zeit an der Fluchtkammer eintreffen, um die Insassen zu retten.

Der wesentliche Unterschied zwischen den Kammern im Erz oder Salz zu jenen in der Kohle besteht darin, dass letztere gemäß den Anforderungen eigensicher und für Explosionsdrücke bis 100 kPa (15 psi) ausgelegt sind, da Brandereignisse in der Kohle stets mit einem Explosionsrisiko einhergehen. Die Bilder 1 und 2 zeigen je ein Beispiel für die beiden Arten von Fluchtkammern.

4 Fluchtkammern im untertägigen Kohlebergbau

Das wesentliche Argument für den Einsatz von Fluchtkammern im Kohlebergbau ist, dass der menschliche Körper physisch kaum in der Lage ist, die teilweise sehr langen Wege in sichere Bereiche oder zur Tagesoberfläche in dem typischerweise heißen und feuchten Klima ohne Unterbrechungen in ausreichender Zeit zurückzulegen, selbst wenn entsprechende Selbstretter oder Atemgeräte zur Verfügung stehen. Der Einsatz von Fluchtkammern ist hier allerdings fragwürdig, da – wie bereits diskutiert – die Kammern eine Versorgung mit lebensnotwendiger Luft und Nahrung im Allgemeinen nur für 100 h gewährleisten. Eine Rettung durch

4 Refuge chambers in underground coal mines

The main argument behind using refuge chambers is the disability for mine workers to walk for a long distance in hot, toxic, and smoky atmosphere to safely reach the surface, even with breathing apparatus such as Self Contained Self Rescuer (SCSR) or Compressed Air Breathing Apparatus (CABA). However, as mentioned before, a refuge chamber can only support life for up to 100 h and therefore the extraction of the workers has to be done within this period. Unfortunately, as a coal fire can last for a week or longer and secondary explosions can occur, there is a possibility that the mine rescue teams are unable to enter the mine. Multiple secondary explosions can occur like in Moura No. 2 disaster in the State of Queensland/Australia in 1994 (6) and Pike River disaster in New Zealand in 2010 (7). In both disasters, the authorities decided that the conditions were too dangerous for mine rescue teams to enter the mines, and they subsequently decided to seal the mines. The bodies of the deceased workers remain buried in these mines until this day.

In a situation like the one in Moura No. 2 and Pike River, refuge chambers become tombs for the workers and are therefore practically useless. It can be argued that in other similar disasters, such as Sago and Upper Big Branch, the mine rescue teams were able to enter the mine within 100 h (8, 9). However, these two disasters in Australia and New Zealand demonstrate that there is a possibility that the mine rescue teams are unable to enter the mine.

There is also a question regarding the ability of these chambers to withstand explosion pressure. As mentioned before, these

die Grubenwehr muss also innerhalb dieses Zeitraums erfolgen. Da jedoch Kohlefeuer für Wochen oder länger brennen können und stets eine Gefahr von Folgeexplosionen bergen, ist die Möglichkeit der Rettung nicht garantiert, da ein Grubenwehreinsatz unter Umständen zu gefährlich ist. Während der Unglücke in den Minen Moura No. 2 (Queensland/Australien) im Jahr 1994 (6) und Pike River/Neuseeland im Jahr 2010 (7) traten beispielsweise zahlreiche weitere Explosionen auf, weshalb die Behörden den Einsatz der Grubenwehr untersagten. Die Bergwerke wurden schließlich versiegelt, ohne dass die verunglückten Bergleute geborgen werden konnten.

In anderen Fällen, wie z.B. den Unglücken in den Bergwerken Sago oder Upper Big Branch, konnten die Einsatzteams der Grubenwehr die geflüchteten Bergleute aus den Kammern retten (8, 9). Dennoch zeigen die zuvor aufgeführten Beispiele, dass eine Fluchtkammer unter Umständen vielmehr zum Grab für die dorthin Geflüchteten werden kann, wenn kein angemessen sicherer Einsatz der Grubenwehr möglich ist. Der Einsatz von Fluchtkammern ist dann entsprechend kontraproduktiv.

Darüber hinaus stehen Fluchtkammern in der Kohle hinsichtlich ihrer Schutzwirkung bei Explosionen infrage. Wie erwähnt, sind die Fluchtkammern für Explosionsdrücke bis 100 kPa (15 psi) ausgelegt. Die US Army Corps of Engineers haben über eine strömungsmechanische Simulation gezeigt, dass die Drücke bei der Explosion von Sago lokal über 345 kPa (50 psi) erreicht haben müssen (10). Laut einem Bericht des National Institute of Occu-



Fig. 3. Example of a SCSR changeover station in underground coal mines (13).
Bild 3. Beispiel für eine Station zum Austausch von Selbstrettern im untertägigen Kohlebergbau (13).

chambers are designed to withstand explosion pressure up to 15 psi or 100 kPa. The US Army Corps of Engineers carried out a Computational Fluid Dynamics (CFD) simulations of the Sago explosion. The simulations estimate that the pressure in an entry outbye the seal location is higher than 50 psi or 345 kPa (10). A report published by the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), a US government research agency that focuses on the study of worker safety and health, describes measurements of experimental mine explosion pressures that have been done in the USA, Germany and Poland. These results show that a coal mine explosion in an open-ended entry can generate pressure greater than 145 psi or 1,000 kPa (11).

This data indicates that there is a possibility that these chambers will be destroyed in an explosion. Furthermore, it is highly unlikely that anyone underground would survive such an explosion. NIOSH also published a report facilitating the use of Built-in-place Refuge Alternatives in Mines which investigates making the refuge chamber a built-in rather than a relocatable facility with provision of an air supply from the surface (12). The question of how to evacuate the personnel from the mine when there are hazardous conditions still remains. Strategically place evacuation boreholes and a suitable winding device may be the answer in such circumstances.

pational Safety and Health (NIOSH) – eine Regierungsagentur in den USA, die sich mit Fragen der Arbeitssicherheit und des Gesundheitsschutzes befasst – konnten bei induzierten Explosionen in Bergwerken in den USA, Deutschland und Polen in der offenen Strecke Drücke über 1.000 kPa (145 psi) gemessen werden (11).

Die Ergebnisse zeigen, dass Fluchtkammern kaum einen geeigneten Schutz vor Explosionen bieten können und anzunehmen ist, dass niemand in der Grube ein größeres Unglück überleben würde. In einem weiteren Bericht des NIOSH wird die Option diskutiert, Fluchtkammern als fest installierte, teils aufgefahrene Räume anzulegen, die von Übertage mit Frischluft versorgt werden (12). Hier bleibt bisher die Frage offen, wie Bergleute aus diesen Einrichtungen in jeder Situation gerettet werden können. Die Möglichkeit, Bergleute über gezielt angelegte Großbohrlöcher zu retten, erscheint hier plausibel.

5 Selbstrettung nach Übertage

Die Selbstrettung wird stets unter Einsatz von Selbstrettern durchgeführt, die den Bergmann mit frischer Atemluft versorgen. Hierfür kommen Einweggeräte und wiederbefüllbare Atemgeräte infrage. In beiden Fällen reicht ihre Kapazität jedoch nur für rd. 1 h, sodass die Geräte während der Flucht ausgetauscht bzw. wiederbefüllt werden müssen. Daher sind entlang der Fluchtrouten entsprechende Stationen aufzustellen. Bild 3 zeigt eine Station zum Austausch von Selbstrettern und Bild 4 eine Station zum Wiederbefüllen von Atemgeräten.

In den australischen Bundesstaaten New South Wales und Queensland, in denen die meisten untertägigen Kohlebergwerke in Australien zu finden sind, wird von der Gesetzgebung vorgegeben, dass mindestens zwei Fluchtwege offen zu halten sind. Diese sind zudem so anzulegen, dass ein Ereignis nicht übergreifen kann, sodass eine Flucht durch mindestens eine der Strecken in jedem Fall möglich ist (15, 16). Sollten Verbindungen zwischen den beiden Strecken existieren, sind diese mit geeigneten Bauwerken abzdämmen.

Dennoch ist zu berücksichtigen, dass eine Flucht in heißem, feuchtem und rauchigem Klima eine enorme körperliche Belastung und damit ein Argument gegen das Aufstellen von den oben genannten Stationen darstellt. Bergleute anzuweisen, in diesem Klima die weiten Entfernungen zwischen Streb und Bergwerkszugang – in manchen Fällen bis zu 15 km – aus eigener Kraft



Fig. 4. Example of a CABA refill station in underground coal mines (14).
Bild 4. Beispiel für eine Station zum Wiederbefüllen von Atemgeräten im untertägigen Kohlebergbau (14).

5 Self-escape to the surface

When self-escaping to the surface, mine workers have to don their breathing apparatus (SCSR or CABA) to allow them to breathe clean air during the self-escape. Since a SCSR or a CABA has a limited air supply of 1 h or less, miners have to change SCSR or refill CABA in changeover/refill stations placed along the escape route. Figures 3 and 4 show examples of a SCSR changeover station and a CABA refill station respectively.

To support this strategy, mine safety legislation in New South Wales and Queensland, the two States where the majority of underground coal mines in Australia are located, prescribes that all mines must provide at least two trafficable escapeways. Each of them must be segregated from the other, i.e. an incident that occurs in one escapeway does not prevent workers to self-escape in the other escapeway (15, 16). This is done by placing stoppings in all crosscuts (they are called cut-throughs in Australian coal mines) that link these two escapeways.

The disability for mine workers to walk for a long distance in hot, toxic, and smoky atmosphere to safely reach the surface is the main argument against this strategy. The distance from the working face to the mine entrance can be up to 15 km. It makes sense to argue that it is not safe to instruct the workers to walk such a distance in hot, toxic, and smoky atmosphere, even with breathing apparatus.

The Australian coal mines acknowledge this problem. However, they still believe that evacuating mine workers has a better chance to save most of the workers rather than instructing them to take refuge in refuge chambers due to the possibility that the mine rescue teams are unable to enter the mine, as happened in Moura No. 2 and Pike River disasters. In order to increase the success of this strategy, coal mines in the State of Queensland participate in an annual exercise called Level 1 Emergency Exercise (17). The main purpose of this exercise is to test the effectiveness of the mine's emergency management system, not only in terms of the workers successfully self-escape to the surface, but also in managing interaction with external parties such as government agencies, the media, and public. In each exercise, the response to an incident scenario including fire and roof fall is audited by up to 20 assessors, majority of whom are external. They are from government agencies, workers union, universities, and mining companies. Some scenarios include "injured" and "lost" personnel. The exercise has been running since 1998 and is organized by the Safety and Mines Testing and Research Station (SIMTARS), a Queensland Government agency that carries out research and training on mine safety and health. It is acknowledged that major improvements have been made due to this exercise, in particular regarding improvement of the familiarity level of SCSR and CABA among mine workers (18).

Another major improvement is the recognition that the chance of success of the self-escape is greatly enhanced by the provision of motorized transport (17, 19). Figure 5 shows an example of this vehicle whose diesel engine is explosion protected and meets Australian Standard (AS) 3584.2 (20). SIMTARS has demonstrated that the diesel engines in these vehicles can be safely operated in methane concentration over 10% in airflow with minimum oxygen content of 17% (19). However to operate the vehicle in such a high percentage of methane would contravene the legislation and all under-



Fig. 5. Australian coal mine personnel carrier (20).

Bild 5. Mannschaftsfahrzeug aus einer australischen Kohlemine (20).

zurückzulegen, erscheint daher kaum als geeignete Alternative – selbst unter Einsatz von Atemgeräten.

In Australien ist dieses Problem durchaus bekannt. Vor dem Hintergrund, dass Fluchtkammern unter Umständen keinen geeigneten Schutz darstellen, insbesondere wenn die Grubenwehr die Grube aus sicherheitstechnischen Gründen nicht betreten kann, wie in Moura No. 2 und Pike River geschehen, wird dort trotzdem davon ausgegangen, dass die Flucht nach Übertage eine größere Chance zum Überleben der Betroffenen darstellt, als der Verbleib in untertägigen Fluchtkammern. Um den Erfolg der planmäßigen Selbstrettung zu erhöhen, führen die Bergwerke in Queensland jährlich das sogenannte „Level 1 Emergency Exercise“ durch (17). Hierbei wird allgemein das Notfall-Managementssystem auf die Probe gestellt. Im Vordergrund steht dabei nicht nur das Vertrautmachen der Bergleute mit dem Ablauf der Selbstrettung, sondern auch das Üben von Kommunikation mit Behörden, Agenturen, der Presse und der Öffentlichkeit. Bis zu 20 meist externe Gutachter aus Industrie und von Gewerkschaften, Universitäten und Behörden bewerten dabei den Erfolg der Übung in verschiedenen Szenarien, wie etwa Bränden und Gebirgsschlägen mit Verletzten und Vermissten. Diese Übungen, die seit dem Jahr 1998 üblich sind, werden von der bundesstaatlichen Regierungsorganisation Safety and Mines Testing and Research Station (SIMTARS) organisiert, die sich mit Sicherheitsfragen und Training im Bergbau befasst.

Gerade im Bereich der Sensibilisierung der Bergleute für die lebensrettenden Atemgeräte konnten große Erfolge verzeichnet werden (18). Zudem wurde erkannt, dass der Einsatz von Fahrzeugen zur Flucht ein großes Potential darstellen kann (17, 19). In Bild 5 ist ein für die Flucht geeignetes Fahrzeug abgebildet. Es entspricht dem australischen Standard 3584.2 und ist explosionssicher (20). SIMTARS konnte zeigen, dass diese Fahrzeuge dank der hier verbauten Motoren noch bis zu einer Methankonzentration von 10% und bis minimal 17% Sauerstoff sicher betrieben werden können (19). Der Einsatz in einer solchen Umgebung verstößt allerdings gegen die rechtlichen Vorgaben, sodass weiterhin alle Fahrzeuge mit Methanometern ausgestattet sind, welche die Fahrzeuge bereits bei einem Methangehalt von 1,25% abschalten.

ground vehicles have fixed methanometers which automatically stop the vehicle when the methane percentage reaches 1.25 %.

6 Conclusions

There is still a debate within worldwide coal mining industry about using refuge chambers to manage emergencies in fires or explosions. The Moura No 2 and Pike River disasters prove that there is a possibility that the mine rescue teams are unable to enter the mine. In this situation, refuge chambers become useless as mine workers are unable to be extracted. One option to resolve this may be to site refuge stations near strategically places evacuation boreholes and to maintain an emergency winder and escape capsules. Many of the underground coal mines in Australia have unrestricted access to the surface land of the mine and in many cases own the land.

Despite problems associated with self-escape to surface, this strategy provides a better chance to save lives rather than using refuge chambers. The chance of success of this strategy is improved by conducting an annual exercise such as Queensland's Level 1 Emergency Exercise. What makes this exercise remarkable is that it is organized by the government and is assessed mostly by external assessors. This arrangement puts a lot more pressure on mine sites to ensure the effectiveness of their emergency management system rather than if the exercise is organized and run internally. This kind of exercise should be conducted by underground coal mines worldwide.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Terrawatch: The everlasting fire. <https://www.theguardian.com/science/2014/aug/01/terrawatch-everlasting-fire>. Accessed: 10 March 2017.
- (2) The Centralia mine fire. <http://www.ripleys.com/weird-news/centralia-mine-fire/>. Accessed: 10 March 2017.
- (3) Brennender Berg. http://www.saarbruecken.de/tourismus/radfahren_und_wandern/wandern/themenwege/brennender_berg. Accessed: 10 March 2017.
- (4) Hard rock mines refuge chambers. <http://www.minearc.com/category/hard-rock-mines/>. Accessed: 10 March 2017.
- (5) Coal mines refuge chambers. <http://www.minearc.com/category/coal-mines/>. Accessed: 10 March 2017.
- (6) Windridge, F.W.: Report on an accident at Moura No 2 underground mine on Sunday, 7 August 1994. Warden's Inquiry, 1996. <https://publications.qld.gov.au/dataset/moura-mining-disaster-inquiry-reports/resource/a8e96409-52a3-4075-b4a6-b1224ec-c8e63>. Accessed: 10 March 2017.
- (7) Royal Commission on Pike River Coal Mine Tragedy, 2012. <http://pikeriver.royalcommission.govt.nz/Final-Report>. Accessed: 10 March 2017.
- (8) Report of Investigation Sago Mine Explosion, 2006, <http://www.wvminesafety.org/sagointerviews.htm>. Accessed: 10 March 2017.
- (9) Davitt McAteer, J.: Upper Big Branch, The April 5, 2010, explosion: a failure of basic coal mine safety practices. Report to the Governor of the State of West Virginia, 2011. <http://www.npr.org/documents/2011/may/giip-massey-report.pdf>. Accessed: 10 March 2017.
- (10) McMahon, G. W.; Robert Britt, J.; O'Daniel, J. L.; Kim Davis, L.; Walker, R. E.: CFD Study and Structural Analysis of the Sago Mine Accident. Report to the Mine Safety and Health Administration (MSHA), 2007.
- (11) Zipf, Jr., R. K.; Sapko, M. J.; Brune, J. F.: Explosion Pressure Design Criteria for New Seals in US Coal Mines, Information Circular 9500. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 2007.
- (12) Trackemas, J. D.; Thimons, E. D.; Bauer, E. R.; Sapko, M. J.; Zipf, Jr., R. K.; Schall, J.; Rubinstein, E.; Finfinger, G. L.; Patts, L. D.; LaBranche, N.: Facilitating the Use of Built-in-place Refuge Alternatives in Mines. Report of Investigations 9698. Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), Pittsburgh, Pennsylvania, USA, 2015.
- (13) Change over station. <http://www.strataworldwide.com/airdoc%20AE-change-over-station>. Accessed: 10 March 2017.
- (14) CABA refill station. https://www.draeger.com/en_aunz/Mining/Products/Breathing-Gas-Supply-Systems/DraegerD-7000. Accessed: 10 March 2017.
- (15) Government of New South Wales: Work Health and Safety (Mines and Petroleum Sites) Regulation 2014, regulation 96, 2014.
- (16) Government of Queensland: Coal Mining Safety and Health Regulation 2001, regulation 296, 2001.
- (17) Queensland level 1 mine emergency exercise reports. <https://publications.qld.gov.au/dataset/queensland-level-1-mine-emergency-exercise-reports>. Accessed: 10 March 2017.
- (18) Watkinson, M.: Learning from 18 Level 1 Emergency Exercises. Presentation in Queensland Mining Industry Health and Safety Conference 2016. <http://www.qldminingsafety.org.au/wp-content/uploads/2016/08/Learnings-from-18-Level-1-Emergency-Exercises-temp.pdf>. Accessed: 10 March 2017.
- (19) Harrison, P.; Bell, S.; Brady, D.: How Will We Respond to a Mine Disaster in 2010? In: Extracting the science – A century of mining research (ed. J.F. Brune), pp. 314-323 (Society of Mining Engineers-SME, Littleton, Colorado/USA), 2010.
- (20) Australian underground coal mine personnel carrier. <http://valleylongwall.com.au/>. Accessed: 10 March 2017.

6 Zusammenfassung

Unglücke wie jene der Bergwerke Moura No. 2 und Pike River zeigen, dass ein Grubenwehreinatz nicht unter allen Umständen durchführbar ist. Aus diesem Grund ist der Einsatz von Fluchtkammern in der Kohle als Schutz im Brandfall oder vor Explosionen weltweit umstritten, da dorthin geflüchtete Bergleute unter Umständen nicht gerettet werden können. Als Alternative werden Kammern diskutiert, die an strategisch günstigen Punkten errichtet und auch von der Tagesoberfläche aus über Bohrlöcher mit Frischluft versorgt und aus denen Bergleute im Bedarfsfall mithilfe von Rettungskapseln geborgen werden können. Die Problematik, Nutzungsrechte der Tagesoberfläche zu erlangen, stellt sich im Fall australischer Minen kaum, da die Betreiber der Bergwerke in der Regel das Land besitzen oder uneingeschränkten Zugang hierzu haben.

Auch wenn eine Flucht nach Übertage aus den gegebenen Gründen ebenfalls risikobehaftet ist, scheint dies gegenüber Fluchtkammern dennoch die bessere Lösung zu sein. Der Erfolg der Selbstrettung kann durch Training erhöht werden, wie etwa durch das in Queensland jährlich durchgeführte „Level 1 Emergency Exercise“. Beachtlich ist hier, dass die Übung regierungsseitig organisiert und von extern bewertet wird, sodass ein deutlich höherer Druck zur Einrichtung eines funktionierenden und effektiven Rettungssystems auf den Betreibern der Bergwerke lastet. Derartige Trainings sollten aus den gegebenen Gründen weltweit durchgeführt werden.

Author / Autor

Adrian Halim, Luleå University of Technology, Luleå/Sweden