

## Safety and Health in Mining

Safe and healthy jobs in mining, worldwide: that is the 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 Report Glückauf 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](mailto:helmut.ehnes@issa-mining.org).

Andreas Fichtner, Christine Staak, Benedikt P. Brunner, Frank Reuter, Helmut Mischo, Jörg Benndorf

# Tactical Medical Mining Rescue – Guideline-based Tactical Emergency Medicine for Mine Rescue Teams and Rescue Organizations in Remote Areas

In mining and remote areas of resource industry, there has been a development towards lacking emergency medical first aid response, that creates a potential disadvantage for patients after work accidents and other medical emergencies compared to standard population. This is due to structural changes in mine rescue brigade coverage caused by transformation from formerly few major resource companies towards many small companies with a broad spectrum of company scopes in resource industry. This raises the question how a professional emergency medical coverage can be provided, taking into account lacking medical professionals in small resource companies combined with long rescue times. Facing this problem, new concepts of emergency

medicine are necessary for these particular environments. Aiming on the closure of this gap, a team of the mine rescue brigade from the Research and Training Mine Reiche Zeche (Forschungs- und Lehrbergwerk (FLB) Reiche Zeche) of the TU Bergakademie Freiberg in Freiberg/Germany and its cooperating emergency department of the Freiberg District Hospital developed a totally new rescue concept using elements from tactical medicine and advanced emergency medicine combined with a specifically designed compact equipment and a highly standardized teaching curriculum.

## Case example 1

At 10:16 in the morning, a serious accident occurs in a fault zone at a depth of 800 m and 19 km from the shaft: During securing work, a fresh shotcrete shell comes loose from the ridge when the reinforcement mesh is placed on the anchor in the carriage. The shotcrete shell hits the mine worker on the drill rig arm in the head area (Figure 1). The man is pulled to the ground by the falling concrete mass and, in addition to a head laceration, suffers a deep lacerated wound to his thigh that is bleeding profusely. When the mine rescue team arrives, the casualty states severe pain in the area of the head and thigh. The wounds are provisionally covered with compresses and bandages, then the severely injured person is placed on the rescue stretcher. In doing so, vomiting of stomach contents occurs. After that, the injured man, who is now pale and covered with cold sweat,

## Fallbeispiel 1

Um 10.16 Uhr morgens ereignet sich in einer Störungszone in 800 m Teufe und 19 km Entfernung vom Schacht ein schwerer Unfall: Bei Sicherungsarbeiten kommt es beim Aufstecken der Bewehrungsmatten auf den Anker in der Lafette zum Lösen einer frischen Spritzbetonschale aus der Firste. Die Spritzbetonschale trifft den am Bohrwagenarm beschäftigten Hauer im Kopfbereich (Bild 1). Dieser wird durch die herabstürzende Betonmasse zu Boden gerissen und zieht sich neben einer Kopfplatzwunde eine stark blutende tiefe Risswunde im Bereich des Oberschenkels zu. Bei Eintreffen der Grubenwehr gibt der Verunfallte starke Schmerzen im Bereich des Kopfes und des Oberschenkels an. Die Wunden werden provisorisch mit Kompressen und Binden abgedeckt, anschließend wird der Schwerverletzte auf die Rettungstrage gelagert. Hierbei kommt

## 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](mailto:helmut.ehnes@issa-mining.org).

# Tactical Medical Mining Rescue – leitliniengerechte taktische Notfallmedizin für Grubenwehren und Rettungsorganisationen in schwer zugänglichen Gebieten

Seit längerem besteht eine Versorgungslücke professioneller notfallmedizinischer Erstversorgung unter Tage und in schwer zugänglichen Bereichen von Gewinnungsbetrieben mit potentiell schlechterem Outcome nach Arbeitsunfällen und medizinischen Notfällen im Vergleich zur Normalbevölkerung. Eine Ursache sind Strukturänderungen im Grubenrettungswesen, welche mit dem Wandel im deutschen Bergbau von ehemals wenigen großen Förderbetrieben hin zu kleineren Betrieben mit unterschiedlichen Betriebszwecken einhergehen. Dabei stellt sich die Frage, wie eine flächendeckende professionelle medizinische Erstversorgung unter Tage bei zumeist fehlender betrieblicher Vorhaltung und langen Rettungswegen gewährleistet werden kann. Aufgrund

der speziellen Rahmenbedingungen im Bergbau, insbesondere dem unter Tage, braucht es daher neue Konzepte, um eine adäquate Notfallrettung zu gewährleisten. Mit dem Ziel, diese Versorgungslücke zu schließen, hat ein Team der Grubenwehr des Forschungs- und Lehrbergwerks (FLB) Reiche Zeche der Technischen Universität (TU) Bergakademie Freiberg und der Zentralen Notaufnahme des Kreiskrankenhauses Freiberg ein neuartiges Rettungskonzept aus Elementen fortgeschrittener Notfallrettung und taktischer Medizin nebst speziell abgestimmter komprimierter Ausrüstung entwickelt, welches in einem standardisierten Ausbildungscurriculum zur Notfallrettung unter Tage und in schwer zugänglichen Bereichen über Tage vermittelt wird.

is transferred to the rescue stretcher when he becomes unconscious due to the traumatic brain injury. Furthermore, the already perfused wound dressing slips during the rescue measures causing a renewed increase in the previously unstopped bleeding. In recovery position, the unconscious man is transported in the emergency vehicle of the mine rescue team towards of the shaft. The arrival of the notified public rescue service in the mine is delayed due to safety-related briefings and various uncertainties and concerns on the part of the public emergency service regarding self-protection. At 11:10 a.m., 54 min after the alert, the life-threateningly injured patient is handed over to the public emergency service above ground. The casualty is now in hypovolaemic shock because of blood loss from the thigh and in acute oxygen deprivation by reason of aspiration of stomach contents into the lungs and insufficient spontaneous breathing. After

es zu Erbrechen von Mageninhalt. Nach Umlagerung des inzwischen blassen und kaltschweißigen Verletzten wird dieser aufgrund des Schädelhirntraumas bewusstlos. Des Weiteren verrutscht der bereits durchgeblutete Verband bei den Maßnahmen und es kommt zu einer erneuten Zunahme der bisher nicht gestillten Blutung. In stabiler Seitenlage wird der Bewusstlose im Einsatzfahrzeug der Grubenwehr durch das Revier in Richtung Schacht transportiert. Die Einfahrt des verständigten Rettungsdienstes verzögert sich aufgrund sicherheitsrelevanter Einweisungen und verschiedenster Unklarheiten und Bedenken seitens des Rettungsdienstes bezüglich des Eigenschutzes. Um 11.10 Uhr, also 54 min nach Alarmierung, wird dem Rettungsdienst der lebensbedrohlich verletzte Patient über Tage übergeben. Dieser befindet sich, aufgrund des Blutverlusts am Oberschenkel, inzwischen im Volumenmangelschock und aufgrund

a long course of intensive care therapy, he is finally discharged from hospital, permanently unable to work.

This fictitious scenario, with a seriously injured person in an underground mine, is intended to illustrate the medical challenges that the mine rescue service would face in such an emergency, the logistical problems that the civilian rescue service faces in the event of an accident in the mine and how this gap in medical care can affect the patient's medical outcome. In this context, there is a systemic health care disadvantage for workers insured by the employers mutual insurance association because of their work in remote environments with inadequately adapted emergency medical coverage.

Can we do better?

Yes, we can. Case example 2 describes how adequate care of the casualty by the mine rescue team might look like after completion of a two-day – now guideline-based – standardized training curriculum based on the fundamentals of tactical medicine and with available specific advanced but compact emergency equipment.

### Case example 2

After the arrival of the mine rescue team, the heavily bleeding thigh wound is quickly treated with easy-to-use and specific clot-activating dressings until the bleeding stops. To relieve the pain, the miners administer a strong and fast-acting painkiller to the casualty, which is applied through the nose. This enables comfortable positioning on the rescue stretcher with subsequent transport of the patient. After vomiting and loss of consciousness, the vomit is suctioned from the throat, the patient's airway is secured with a specific laryngeal mask and the mask is connected to the Oxylator FR 300 B for ventilator support. Using a cannula inserted into the sternum, the miners apply volume replacement fluid to stabilize the circulation and a drug to stabilize blood clotting. After less than 15 min, the casualty is ready for transport in the mine rescue team's vehicle under continuous pulseoxymetric monitoring. When the patient is handed over to the public emergency medical services, they find a stabilized patient that has been adequately and professionally treated according to the standards of emergency medical first aid and can be transferred to the next hospital without further measures, with a stable circulation, spontaneously breathing with respirator support and with a good oxygen supply (Figure 2).

### Concept development

Due to various structural developments in mining as well as organizational and medical peculiarities in underground emergency rescue, it was urgently necessary to develop new concepts to ensure sufficient emergency care and to adapt the corresponding guidelines for the German mine rescue system. The restructuring of the mining industry from large companies to many small operations with an extended spectrum also inevitably entails a reorganization of the mine rescue system. Highly staffed mine rescue units with attached medical rescue personnel, as they are still known from the former large-scale operations, are hardly kept available today. This problem is aggravated by significantly longer rescue times underground compared to the civilian sector and thus a regular violation of the nationally accepted rescue times, which are 8 to 17 min depending on the respective state rescue service law. In the case of inadequate initial emergency care in the context of lay rescue, the delayed contact of



Fig. 1. Accident during securing works in the mine (simulated scenario).  
Bild 1. Unfall bei Sicherungsarbeiten (Szenario nachgestellt).  
Photo/Foto: A. Fichtner, F. Reuter

der Aspiration von Mageninhalt in die Lunge und unzureichender Eigenatmung im akuten Sauerstoffmangel. Nach einem langen intensivmedizinischen Verlauf wird er dauerhaft arbeitsunfähig aus dem Krankenhaus entlassen.

Dieses fiktive Szenario, mit schwerverunfallter Person im Untertagebergbau, soll verdeutlichen, vor welchen medizinischen Herausforderungen die Grubenwehr in solch einem Ernstfall stehen könnte, mit welchen logistischen Problemen sich der zivile Rettungsdienst bei einem Unfall in der Grube konfrontiert sieht und wie sich diese Versorgungslücke auf das medizinische Ergebnis des Patienten auswirken kann. Dabei besteht ein systembedingter Versorgungsnachteil für die berufsgenossenschaftlich versicherten Arbeitnehmer aufgrund ihrer Tätigkeit in verzögert zugänglicher Arbeitsumgebung bei unzureichend angepasster notfallmedizinischer Absicherung.

Können wir auch anders?

Ja, können wir. Fallbeispiel 2 beschreibt, wie eine adäquate Versorgung des Verunfallten durch die Grubenwehr nach Absolvierung eines zweitägigen – inzwischen leitlinienbasierten – standardisierten Ausbildungscurriculums und Vorhalten spezifischer kompakter Notfallausrüstung, basierend auf den Grundlagen der taktischen Medizin, aussehen könnte.

### Fallbeispiel 2

Nach Eintreffen der Grubenwehr erfolgt eine rasche Versorgung der stark blutenden Oberschenkelwunde mit einfach anzuwendenden und gerinnungsaktivierenden Verbandstoffen, bis es zu einem Sistieren der Blutung kommt. Zur Schmerzstillung verabreichen die Kumpel dem Verunfallten ein stark und rasch wirksames Schmerzmittel, welches über die Nase appliziert wird. So wird eine schmerzarme Umlagerung auf die Rettungstrage mit anschließendem Transport möglich. Nach Erbrechen und Bewusstseinsverlust wird das Erbrochene aus dem Rachen abgesaugt, der Atemweg des Patienten mit einer Kehlkopfmaske gesichert und die Maske an den Oxylator FR 300 B angeschlossen. Über eine in das Brustbein einge-



Fig. 2. Treatment according to TMR® concept (scenario with simulated patient).  
Bild 2. Versorgung nach TMR®-Konzept (Szenario mit Schauspielpatient). Photos/Fotos: A. Fichtner, F. Reuter

the casualty with the public rescue service represents a serious risk to the patient and increases the risk of medical complications and a poorer medical treatment outcome.

In addition, public emergency rescue is not readily applicable to mining operations. The unsuitable equipment of the rescue service for hazardous areas and long transport distances, the lack of suitable means of communication, the lack of long-term respiratory protective devices as well as regulations of the professional associations for self-protection in hazardous areas enable emergency rescue underground by fire departments and public rescue services only to a very limited extent and on a voluntary basis. These facts are in enormous contradiction to the expected injury severity. Thus, the previously required level of qualification of company first aiders is no longer sufficient to guarantee adequate first aid for injured persons in the context of lay rescue.

Driven by the aim of closing this gap in medical care, a team of the mine rescue brigade from the Research and Training Mine Reiche Zeche of the TU Bergakademie Freiberg and the Central Emergency Department of the Freiberg District Hospital have developed a standardized training curriculum for mine rescue teams for emergency rescue underground and in hard-to-reach areas above ground. This course, which is unique for underground hazard conditions as well as for lay rescue, was awarded the Hans Werner Feder Prize at the annual conference of the German Society for Interdisciplinary Emergency and Acute Medicine in 2021. After initial skepticism within the relevant medical societies and also in the field of neighboring aid organizations with similar problems, it now faces major response.

### Course organisation, legal framework and certification

After extensive legal examination and appropriate statements, including involvement of the respective administrative bodies of the mining industry, it was finally achieved to firmly implement the validated course concept in the ongoing training of mine rescue teams in Germany. Since 2022, training according to “Tactical-Medical-

brachte Kanüle applizieren die Kumpel Volumenersatzflüssigkeit zur Kreislaufstabilisierung sowie ein Medikament zur Stabilisierung der Blutgerinnung. Nach weniger als 15 min befindet sich der Verunfallte unter kontinuierlichem pulsoxymetrischem Monitoring bereit zum Transport im Fahrzeug der Grubenwehr. Bei der Übergabe an den Rettungsdienst findet dieser einen nach den Maßstäben der Notfallmedizinischen Erstversorgung suffizient und professionell behandelten Patienten vor, welcher mit stabilem Kreislauf sowie in maschinell unterstützter Spontanatmung und guter Sauerstoffversorgung ohne weitere Maßnahmen in das nächste Krankenhaus verlegt werden kann (Bild 2).

### Konzeptentwicklung

Aufgrund verschiedenster struktureller Entwicklungen im Bergbau sowie organisatorischer als auch medizinischer Besonderheiten in der Untertage-Notfallrettung, war es dringend notwendig, neue Konzepte zur Gewährleistung einer suffizienten Notfallversorgung zu entwickeln sowie die entsprechenden Leitlinien für das deutsche Grubenrettungswesen anzupassen. Die Umstrukturierung des Bergbaus von großen Förderbetrieben zu vielen kleinen Betrieben mit ausgedehntem Spektrum bringt auch zwangsläufig eine Neuorganisation des Grubenrettungswesens mit sich. Personalstarke Grubenwehren mit angegliedertem ärztlichen Rettungspersonal, wie sie noch aus den ehemaligen Großbetrieben bekannt sind, werden heute kaum noch vorgehalten. Erschwert wird diese Problematik durch deutlich längere Rettungszeiten unter Tage im Vergleich zum zivilen Bereich und einem regelhaften Überschreiten der geforderten Hilfsfristen von bundesweit je nach Landesrettungsdienstgesetz 8 bis 17 min. So erfolgte die Übergabe an den Rettungsdienst über Tage bei Unfällen in den Jahren 2018 und 2019 in Mitteldeutschland in den meisten Fällen erst nach 1 bis 2 1/2 h, längstens sogar erst 11 h nach Unfallzeitpunkt. Der verzögerte Kontakt des Verunfallten mit dem öffentlichen Rettungsdienst stellt, bei unzureichender Erstversorgung im Rahmen der Laienrettung, eine ernstzunehmende Gefährdung des Patienten dar und erhöht

Mining-Rescue" (TMR®) has been part of the guidelines of the German Committee for Mine Rescue, with the aim of improving the level of competence and qualification of mine rescue teams and ensuring adequate medical emergency care until the arrival of public medical emergency services. Further, the guidelines for the organization, equipment and deployment of mine rescue teams now call for "validated, extended training in first aid designed for underground and mine-specific conditions" if medical care measures cannot be provided immediately by an emergency physician. In this context, the TU Bergakademie Freiberg acts as the training and certification body for TMR® and ensures the ongoing validation of the course and the appropriate didactic teaching of advanced emergency medical skills to medical laypersons, as well as the maintenance of the quality level of the training (info@tmr-kurs.com). In addition to the basic training and TMR® certification through the TU Bergakademie Freiberg, it is optional to be certified as a TMR® instructor after successful completion of a corresponding second level training course containing, e. g., specific elements of medical didactics. Repeated condensed courses are required every two years to maintain the level of competency. The extended emergency rescue by laymen is carried out on the legal basis of the entrepreneurial duty to ensure first aid in accordance with the General Federal Mining Ordinance (ABergV) according to § 11 para. no. 4, the duty to provide first aid within the scope of emergency competence pursuant to the Criminal Code (§ 34 StGB) and the lack of underground competence and accessibility by the public rescue service (fire and disaster control laws of the federal states in Germany). Of course, once medical professionals are available, the emergency medical authority of the mine rescue team ends.

### **Course content, validation and emergency medicine competencies**

For the development of the course concept, the operational spectrum of the past years in mining rescue was evaluated, which predominantly records traumatologic emergencies and thus clearly differs from the operational spectrum of the public emergency services. A large part of those workers involved in accidents are seriously injured, some with life-threatening injury patterns. This caused the necessity to focus the training content on the treatment of severely injured patients as well. A training curriculum, didactically adapted to laypersons, sequentially teaches the practical skills of a specially developed condensed emergency medical treatment algorithm. The modified c-AVPU-ABCDE algorithm is shown in figure 3. The algorithm includes assessment of an acute life threatening situation, resuscitation, hemostasis, stabilization of cardiovascular and respiratory function, pain management, reduction and splinting of fractures, body temperature preservation, transport positioning with fixed equipment, and options for drag and vertical rescue, including invasive ventilation. Within a maximum treatment time of 15 min, a patient can thus receive complete preclinical emergency care and be ready for transportation within the framework of the skills learned.

During the development of the treatment algorithm together with specific and extremely compact equipment, the demand for a high level of user safety as well as patient safety from the viewpoint of lay rescue was paramount. The aim is to provide a modern and rapid emergency rescue, taking into account the essence of current emergency medical guidelines, with a view to the best possible treatment outcome for the patient. For this purpose, established schemes from

das Risiko für medizinische Komplikationen sowie ein schlechteres medizinisches Behandlungsergebnis.

Hinzu kommt, dass die öffentliche Notfallrettung nicht ohne Weiteres im Bergbau einsetzbar ist. Die für Gefahrenbereiche und weite Transportstrecken ungeeignete Ausrüstung des Rettungsdienstes, der Mangel an passenden Kommunikationsmitteln, die fehlende Vorhaltung von Langzeitatenschutz sowie Regelungen der Berufsverbände zum Eigenschutz in Gefahrenbereichen machen eine Notfallrettung unter Tage durch Feuerwehr und öffentlichen Rettungsdienst nur sehr beschränkt und auf freiwilliger Basis möglich. Diese Sachverhalte stehen im großen Widerspruch zu der zu erwartenden Verletzungsschwere. Das bisher geforderte Qualifikationsniveau der betrieblichen Ersthelfer war damit nicht mehr ausreichend, um eine suffiziente Erstversorgung von Verletzten im Rahmen der Laienrettung zu gewährleisten.

Mit dem Ziel, diese Versorgungslücke zu schließen, hat ein Team der Grubenwehr des Forschungs- und Lehrbergwerks (FLB) Reiche Zeche der Technischen Universität (TU) Bergakademie Freiberg und der Zentralen Notaufnahme des Kreiskrankenhauses Freiberg ein standardisiertes Ausbildungscurriculum für Grubenwehren zur Notfallrettung unter Tage und in schwer zugänglichen Bereichen über Tage entwickelt. Dieser, für die untertägigen Gefahrenbedingungen sowie für die Laienrettung bisher einmalige Kurs, wurde im Jahr 2021 im Rahmen des Hans-Werner-Feder-Preises auf der Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Interdisziplinäre Notfall- und Akutmedizin ausgezeichnet und stößt nach initialer Skepsis innerhalb der entsprechenden medizinischen Fachgesellschaften und auch im Bereich von angrenzenden Hilfeleistungsorganisationen mit ähnlicher Problematik inzwischen auf große Resonanz.

### **Kursorganisation, Rechtsrahmen und Zertifizierung**

Nach umfangreicher juristischer Prüfung und entsprechenden Stellungnahmen und unter Einbezug der jeweiligen Verwaltungsstellen des Bergbaus war es weiterhin möglich, das validierte Kurskonzept inzwischen fest in die Ausbildung der Grubenwehren zu implementieren. Seit dem letzten Jahr ist die Ausbildung nach „Tactical-Medical-Mining-Rescue“ (TMR®) Bestandteil der Leitlinien des Deutschen Ausschusses für Grubenrettungswesen, mit dem Ziel, das Qualifikationsniveau der Grubenwehren zu verbessern und eine adäquate Erstversorgung bis zum Eintreffen des Notarztes sicherzustellen. Dazu wird in den Leitlinien für Organisation, Ausstattung und Einsatz von Grubenwehren nun eine „auf die untertägigen und bergbauspezifischen Bedingungen ausgelegte, validierte, erweiterte Ausbildung in Erster Hilfe“ gefordert, sofern notärztliche Versorgungsmaßnahmen nicht unmittelbar möglich sind. Hierbei fungiert die TU Bergakademie Freiberg als Ausbildungs- und Zertifizierungskörper für TMR® und stellt eine fortwährende Validierung des Kurses und die geeignete didaktische Vermittlung der fortgeschrittenen notfallmedizinischen Kompetenzen an medizinische Laien sowie den Erhalt des Qualitätsniveaus der Ausbildung sicher (info@tmr-kurs.com). Neben der Grundausbildung und TMR®-Zertifizierung durch die TU Bergakademie Freiberg ist es möglich, sich nach erfolgreicher Absolvierung eines entsprechenden Lehrgangs zum TMR®-Instruktor zertifizieren zu lassen. Zur Aufrechterhaltung des Kompetenzniveaus sind alle zwei Jahre Wiederholungslehrgänge notwendig. Die erweiterte Notfallrettung durch Laien erfolgt auf rechtlicher Grundlage der Unternehmerpflicht zur

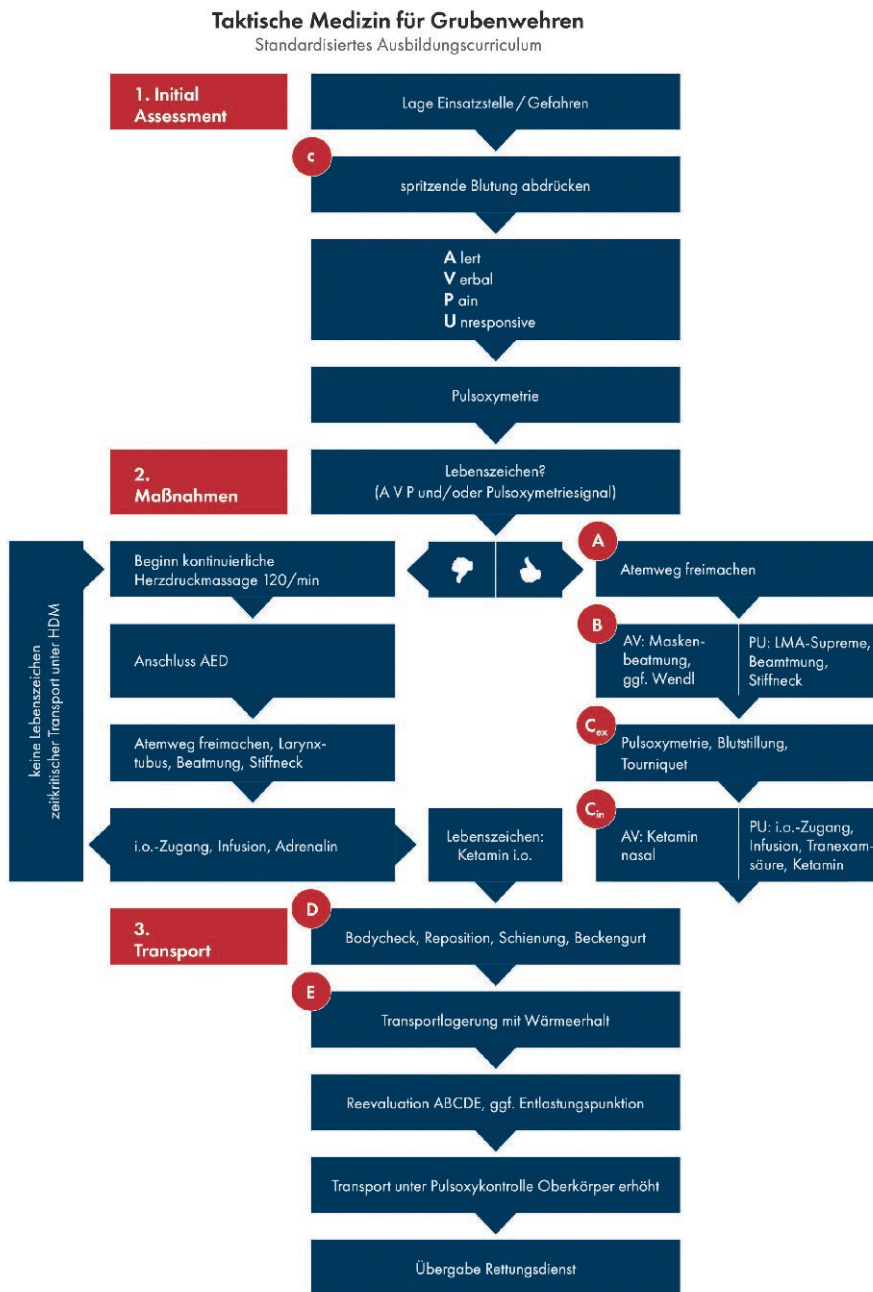


Fig. 3. Summary of the TMR® deployment scheme at a glance. This scheme, with additional detailed information, is part of the TMR® equipment and serves as a valuable aid during the operation.

Bild 3. Zusammenfassung des TMR®-Einsatzschemas im Überblick. Dieses Schema ist mit zusätzlichen Detailinformationen Bestandteil der TMR®-Ausrüstung und dient während des Einsatzes als wertvolle Hilfestellung. Source/Quelle: A. Fichtner, F. Reuter

emergency rescue and tactical medicine were modified and used to create a separate logical chain of therapy that enables medical laypersons to safely handle and treat the patient without extensive prior medical knowledge on the basis of simple diagnostic results and clearly defined therapeutic measures. Hence, the specific practical skills to be applied in a step-by-step decisional tree, are taught in a realistic operational environment directly in the mine as part of a training course of 16 teaching units and are tested in realistic accident scenarios with simulated patients according to the Peyton scheme. At the end of the training, the course participants undergo a final examination at seven skills stations, which is conducted as an “Objective Structured Practical Examination” (OSPE). This ultimately demonstrates the acquired skills competence level

Gewährleistung Erster Hilfe nach der Allgemeinen Bundesbergverordnung (ABBGV) gemäß § 11 Abs. Nr. 4, die Pflicht zur Ersten-Hilfe-Leistung im Rahmen der Notkompetenz nach Strafgesetzbuch (§ 34 StGB) und die fehlende untertägige Zuständigkeit und Erreichbarkeit durch den öffentlichen Rettungsdienst (Brand- und Katastrophenschutzgesetze der Länder). Sobald medizinisches Fachpersonal zur Verfügung steht, endet selbstverständlich die medizinische Notkompetenz der Grubenwehr.

### Kursinhalte, Validierung und notfallmedizinische Kompetenzen

Für die Entwicklung des Kurskonzepts wurde das Einsatzspektrum der vergangenen Jahre im Bergbau ausgewertet, welches sich mit überwiegend traumatologischen Notfällen deutlich vom Einsatzspektrum über Tage unterscheidet. Dabei ist ein großer Teil der Verunfallten schwerverletzt, teilweise mit lebensbedrohlichen Verletzungsmustern. Dies machte es notwendig, die Ausbildungsinhalte auch auf die Behandlung Schwerverletzter auszurichten. Ein didaktisch auf Laien angepasstes Ausbildungscurriculum vermittelt schrittweise und aufeinander aufbauend die praktischen Fertigkeiten eines speziell entwickelten komprimierten notfallmedizinischen Handlungsalgorithmus. Der modifizierte c-AVPU-ABCDE-Behandlungsalgorithmus ist in Bild 3 dargestellt. Dieser umfasst die Einschätzung einer akuten Lebensbedrohung, die Wiederbelebung, die Blutstillung, die Stabilisierung der Herz-Kreislauf- und Atemfunktion, die Schmerztherapie, Reposition und Schienung von Frakturen, den Wärmeerhalt, die Transportlagerung mit fixiertem Equipment und Möglichkeiten der Schleif- und Senkrechttung, auch unter invasiver Beatmung. Innerhalb von maximal 15 min kann so ein Patient im Rahmen der erlernten Kompetenzen vollständig medizinisch versorgt und für den Transport gelagert werden.

Bei der Entwicklung des Handlungsalgorithmus nebst spezifischer und äußerst kompakter Ausrüstung stand der Anspruch an eine hohe Anwender- und Patientensicherheit unter dem Gesichtspunkt der Laienrettung im Vordergrund. Gleichzeitig soll eine moderne und zügige Notfallrettung unter Berücksichtigung der aktuellen notfallmedizinischen Leitlinien mit dem Ziel eines bestmöglichen Behandlungsergebnisses für den Patienten angeboten werden. Hierzu wurden etablierte Schemata aus der Notfallrettung und der taktischen Medizin modifiziert und daraus eine eigene logische Therapiekette erstellt, die es medizinischen Laien ermöglicht, den Patienten ohne umfassende medizinische Vorkenntnisse anhand einfacher diagnostischer Ergebnisse und klar definierter therapeutischer Maßnahmen sicher zu versorgen. Dabei werden die aufeinander aufbauenden praktischen Fertigkeiten in realistischer Einsatzumgebung direkt im Bergwerk

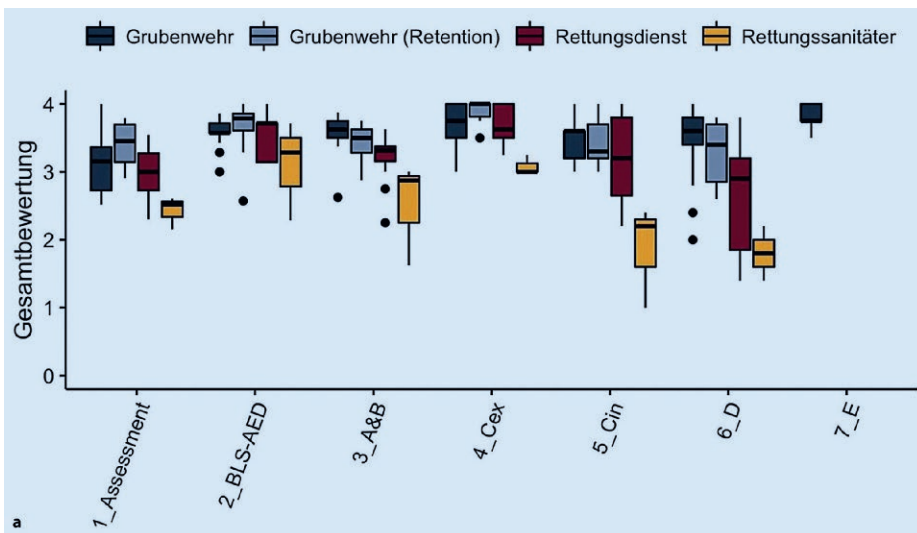


Fig. 4. Validation results of the TMR® course compared to the public ambulance service (Med Klin Intensivmed Notfmed DOI 10.1007/s00063-021-00861-w).

Bild 4. Validierungsergebnisse des TMR®-Kurses im Vergleich zum öffentlichen Rettungsdienst (Med Klin Intensivmed Notfmed DOI 10.1007/s00063-021-00861-w).

Source/Quelle: A. Fichtner, B. Brunner

and documents the course quality. In order to validate the course content and classify it in relation to the level of care of the public rescue service, randomly selected public rescue service personnel with different levels of training completed the identical OSPE examination. For this purpose, only the specific practical skills were tested while maintaining the working environment and equipment of the public rescue service. Within the clearly defined skills set of the TMR®-instructed mine rescue men, the final scores were statistically equal to professional paramedics of public emergency rescue services. Compared to the paramedic basic level subgroup, the mine rescue team achieved even better test results. In order to evaluate the quality of the acquired skills after several months, the identical participants of the mine rescue team were subjected to a new OSPE examination after a six-month exercise-free interval. This showed that the acquired medical skills could be applied sufficiently and without statistically demonstrable loss of competence even after six months. The comparison of the test results of the mine rescue teams with the reference group public rescue service and the subgroup basic level paramedics is shown in Figure 4.

### Equipment configuration

During the development of the medical equipment, the specific underground environment was taken into account and the equipment was adapted according to the difficult operating conditions with wetness, dirt, narrowness, limited visibility conditions, potentially non-breathable atmosphere as well as long escape routes and special transport requirements. Compared to the regular rescue service, this resulted in a much more compact emergency backpack, which nevertheless covers the entire spectrum of operations in terms of the skills taught. In functional, removable pockets, the equipment is stowed in a logical sequence according to the treatment blocks (Figure 5).

When selecting the equipment, it was focused on easy and safe handling with a steep learning curve. The use of an exercise-intensive – and in the case of circulatory centralization often (even under ideal conditions) difficult to apply – peripheral venous access, e.g., was avoided. Instead, for the administration of drugs and fluids an access (E.Z.-I.O. T.A.L.O.N., Teleflex) to the bony vascular system was used, which can be easily inserted at the sternum after short practice on

im Rahmen eines Trainings von 16 Unterrichtseinheiten vermittelt und in realitätsnahen Unfallszenarien mit Schauspielpatienten nach Peyton-Schema erprobt. Am Ende der Ausbildung unterziehen sich die Kursteilnehmer einer Abschlussprüfung an sieben Stationen, welche als „Objective Structured Practical Examination“ (OSPE) durchgeführt wird und womit letztendlich die erlernten Fähigkeiten nachgewiesen sowie die Kursqualität dokumentiert werden. Zur Validierung der Kursinhalte und Einordnung in Bezug auf das Versorgungsniveau des öffentlichen Rettungsdienstes absolvierte außerdem zufällig ausgewähltes öffentliches Rettungsdienstpersonal mit unterschiedlichem Ausbildungsniveau die identische OSPE-Prüfung. Dazu wurden lediglich die spezifischen praktischen Fertigkeiten unter Beibehaltung von Arbeitsumgebung und Ausrüstung des öffentlichen Rettungsdienstes geprüft. In dem eng definierten Bereich der vermittelten Ausbildungsinhalte erzielte die Grubenwehr statistisch genauso gute Ergebnisse wie die Vergleichskohorte öffentlicher Rettungsdienst. Im Vergleich zur Untergruppe Rettungssanitäter erzielte die Grubenwehr sogar bessere Prüfungsergebnisse. Um zu überprüfen, inwieweit die erlernten Fähigkeiten auch nach mehreren Monaten noch adäquat angewendet werden können, wurden die identischen Teilnehmer der Grubenwehr einer erneuten OSPE-Prüfung nach einem sechsmonatigen übungsfreien Intervall unterzogen. Hierbei zeigte sich, dass die erlangten medizinischen Kompetenzen auch nach einem halben Jahr suffizient und ohne statistisch nachweisbaren Kompetenzverlust angewendet werden konnten. Der Vergleich der Prüfungsergebnisse der Grubenwehren mit der Referenzgruppe Rettungsdienst sowie der Untergruppe Rettungssanitäter ist in Bild 4 dargestellt.

### Ausrüstungskonfiguration

Bei der Entwicklung der medizinischen Ausrüstung wurde die spezifische untertägige Umgebung berücksichtigt und entsprechend auf die schwierigen Einsatzbedingungen mit Nässe, Schmutz, Enge, eingeschränkten Sichtbedingungen, ggf. nicht-atembarer Atmosphäre sowie langen Rettungswegen und besonderen Transportanforderungen incl. Senkrechtrettung angepasst. So entstand, im Vergleich zum öffentlichen Rettungsdienst, ein wesentlich kompakterer Einsatzrucksack, der dennoch hinsichtlich der vermittelten Kompetenzen das gesamte Einsatzspektrum abdeckt. In funktionalen,



Fig. 5. Backpack (47 cm long) with included deployment scheme and equipment completely stowed except for the environment-specific stretcher. // Bild 5. Einsatzrucksack (47cm lang) mit enthaltenem Einsatzschema und bis auf die Rolltrage vollständig verstauter Ausrüstung. Photos/Fotos: D. Müller, F. Reuter

the phantom. To minimize stress and forego the teaching of profound differential therapeutic expertise, the use of drug dosage calculations was omitted. Instead, the available drug dosage forms were selected from the point of view that a complete ampoule is always drawn up and administered for the care of adults. For airway protection, a Laryngeal Mask Airway Supreme (Teleflex) is used, which can be easily inserted by the user into the lower pharyngeal region with a final fit on the larynx and which fulfills the insertion and sealing properties required for the special operating conditions. For ventilation, the Oxylator FR 300B (Panomed) is used, a pressure-controlled semi-automatic and self-contained ventilator, the mine rescue teams are already familiar with. With the aid of a specially developed patient card, the mine rescue team can quickly and clearly document the detected injury pattern and the administered therapy, and hand over the patient to the public rescue service in a structured manner (Figure 6).

herausnehmbaren Taschen werden die Ausrüstungsgegenstände entsprechend der Behandlungsblöcke in logischer Abfolge einsortiert verstaut (Bild 5).

Bei der Auswahl der Ausrüstungsgegenstände wurde berücksichtigt, dass die Handhabung leicht und sicher zu erlernen ist. Beispielsweise wurde von der Verwendung eines übungintensiven – und bei Kreislaufzentralisierung auch unter idealen Bedingungen oft schwierig anzulegenden – peripheren Venenzugangs abgesehen und stattdessen auf einen zur Medikamenten- und Flüssigkeitsgabe nach kurzer Übung am Phantom leicht am Brustbein einzubringenden Zugang (E.Z.-I.O. T.A.L.O.N., Teleflex) zum Knochengefäßsystem fokussiert. Zur Stressminimierung und unter dem Verzicht der Vermittlung tiefgründigen differenzialtherapeutischen Fachwissens wurde auf die Anwendung von Berechnungen zur Wirkstoffdosierung verzichtet und die verfügbaren medikamentösen Darreichungsformen wurden so gewählt, dass für die Versorgung Erwachsener stets eine vollständige Ampulle aufgezogen und verabreicht wird. Zur Atemwegssicherung wird eine Larynxmaske Supreme (Teleflex) verwendet, welche durch den Anwender unkompliziert in den unteren Rachenbereich mit abschließendem Sitz auf dem Kehlkopf eingeführt werden kann und welche die für die speziellen Einsatzbedingungen notwendigen Insertions- und Abdichtungseigenschaften erfüllt. Für die Beatmung wird der Oxylator FR 300B (Panomed) verwendet, ein druckgesteuertes halbautomatisches und umluftunabhängiges Beatmungsgerät, mit dessen Anwendung die Grubenwehren vertraut sind. Eine eigens entwickelte Patientenkarte, anhand derer die Grubenwehr den Patienten strukturiert an den öffentlichen Rettungsdienst übergeben kann, dient der schnellen und übersichtlichen Dokumentation des vorgefundenen Verletzungsmusters und der verabreichten Therapie (Bild 6).

<b>Patient:</b>	<b>Notfallzeit:</b> :	<b>Bewusstsein</b>
<b>Notfallursache:</b>		<input type="checkbox"/> A lert (wach) <input type="checkbox"/> V erbal (reagiert auf Worte) <input type="checkbox"/> P ain (reagiert auf Schmerz) <input type="checkbox"/> U nresponsive (bewusstlos) HF: SpO2:
	<b>Problem:</b>	<b>Maßnahmen</b>
	<input type="checkbox"/> spitzes Trauma <input type="checkbox"/> stumpfes Trauma <input type="checkbox"/> Explosion <input type="checkbox"/> Verbrennung <input type="checkbox"/> Knochenbruch <input type="checkbox"/> Kopf <input type="checkbox"/> Kreislauf <input type="checkbox"/> Atmung <input type="checkbox"/> Krampfanfall <input type="checkbox"/> Allergie <input type="checkbox"/> Lähmung	<b>A – Atemweg</b> <input type="checkbox"/> Stiffneck <input type="checkbox"/> Wendl <input type="checkbox"/> LMA <b>B – Beatmung</b> <input type="checkbox"/> spontan offen <input type="checkbox"/> spontan Gerät <input type="checkbox"/> beatmet Gerät <b>C – Kreislauf</b> <input type="checkbox"/> Druckverband <input type="checkbox"/> Gelafusal Infus. <input type="checkbox"/> Tourniquet <input type="checkbox"/> Tranexamsäure <input type="checkbox"/> i.o.-Zugang <input type="checkbox"/> Glucose <input type="checkbox"/> HDM+AED <input type="checkbox"/> Ketanest <input type="checkbox"/> Adrenalin
		<b>D – Defizit</b> <input type="checkbox"/> Bodycheck <input type="checkbox"/> Beckengurt <input type="checkbox"/> Reposition <input type="checkbox"/> Schienung
		<b>E – Erweiterte Maßnahmen</b> <input type="checkbox"/> Wärmehalt <input type="checkbox"/> PunktionPneu
	<b>a</b>	

Fig. 6. Measure documentation on A5 format attachment card (Med Klin Intensivmed Notfmed DOI 10.1007/s00063-021-00861-w). // Bild 6. Maßnahmendokumentation auf Anhängkarte im Format A5 (Med Klin Intensivmed Notfmed DOI 10.1007/s00063-021-00861-w). Source/Quelle: A. Fichtner, F. Reuter

### Qualitätskontrolle

Zur Kontrolle und Aufrechterhaltung des Qualitätsniveaus der in den einzelnen Betrieben durchgeführten TMR®-Kurse werden die jeweiligen Prüfungsergebnisse grund-



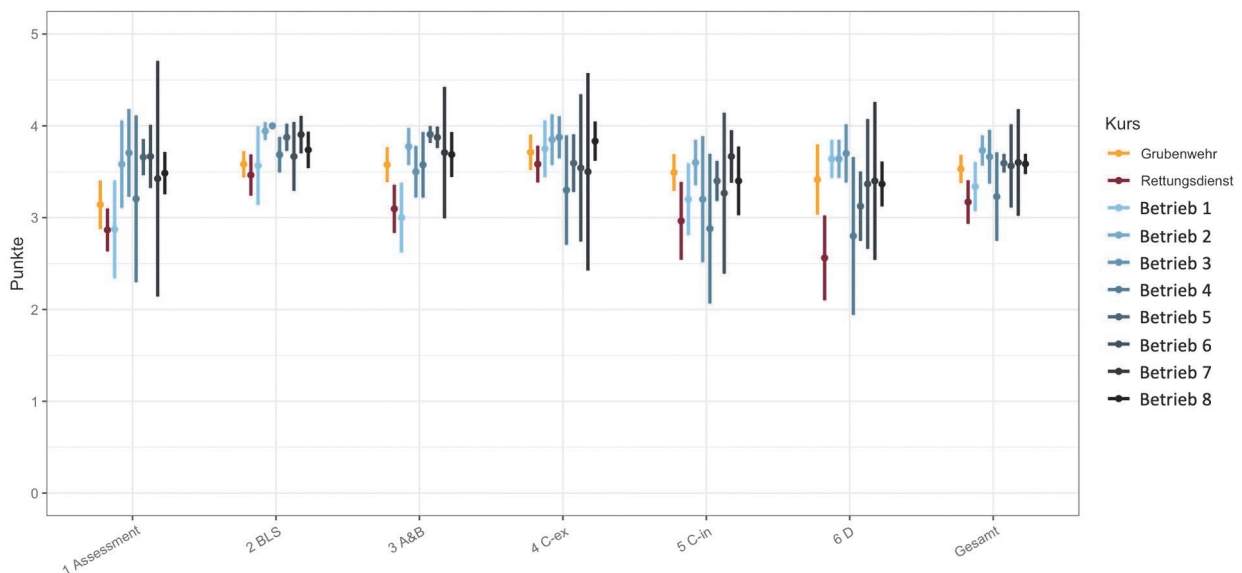


Fig. 7. Ongoing continuous quality control of TMR® course results comparing OSPE results of the initial validation group with participants results from industry courses. Error bars represent the 95 % confidence interval. In companies with participants without mine rescue qualification, a broader variation of results is noticeable despite no statistical difference. This might be due to a less advanced mental model regarding the scope of human rescue.

Bild 7. Kontinuierliche Qualitätskontrolle mittels statistischem Vergleich der OSPE-Ergebnisse der einzelnen Kurse mit der Validierungsgruppe. Fehlerbalken stellen das 95%-Konfidenzintervall dar. In Betrieben mit Kursteilnehmern ohne Grubenwehr-Zugehörigkeit fällt bei statistisch gleichem Ergebnis eine Tendenz zu größerer Streuung auf. Dies könnte durch ein vergleichsweise noch nicht vollständig adaptiertes mentales Modell des Einsatzspektrums Menschenrettung verursacht sein. Source/Quelle: A. Fichtner, C. Staak, B. Brunner

## Quality control

In order to control and maintain the quality level of the TMR® courses conducted in the individual companies, the respective examination results are always statistically evaluated and compared with the initial validation results. So far, the results of all participants, who successfully completed the course, were statistically without any difference compared to the study participants in the course validation (Figure 7). So far, practical utilization of the training content in real life-threatening accidents in mining has not yet been reported. However, the demonstrated skill development of the course graduates clearly shows the potential to close the gap of lacking professional emergency medical care in mining and remote areas of resource industry. The TMR® concept has already been presented at several national and international conferences, such as the Annual Meetings of the Mine Rescue Teams, the Plant Fire Brigades Association and the German Social Accident Insurance Institution for the Raw Materials and Chemical Industry (BG RCI), Society for Mining, Metallurgy and Exploration Annual Conference and International Mines Rescue Body Conference.

## University curriculum

In order to sensitize future mining engineers to a high value of responsibility with regards to health and occupational safety – already during their university education, the teaching of emergency medical and physiological backgrounds of the TMR® concept has been introduced as fixed part of the curriculum at the TU Bergakademie Freiberg from the winter semester 2022/23. This offering expands and supplements previous content on personnel safety such as the modules “Safety and Rescue Works in the Extractive Industries” and “Student Mine and Gas Safety Brigade”, which have already been offered for several years.

The four-part block lecture “Industrial Safety and Emergency Medicine for Engineering Professions” with a duration of two hours

sätzlich statistisch ausgewertet und mit den Validierungsergebnissen verglichen. Hierbei erzielten die Teilnehmer, welche den Kurs bestanden haben, stets statistisch gleiche gute Ergebnisse wie die Studienteilnehmer der Kursvalidierung (Bild 7). Eine praktische Anwendung der Ausbildungsinhalte bei realen lebensbedrohlichen Unfällen unter Tage steht bisher aus. Dennoch zeigt die nachgewiesene Kompetenzentwicklung der Kursabsolventen das Potential, die Versorgungslücke in der Notfallrettung im Bergwesen zu schließen. Das TMR®-Konzept wurde bereits auf mehreren nationalen und internationalen Fachtagungen vorgestellt, wie z.B. Jahrestagungen der Grubenwehren, des Werkfeuerwehrverbands und der Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie, Society for Mining, Metallurgy and Exploration Annual Conference und International Mines Rescue Body Conference.

## Universitätscurriculum

Um bereits in der universitären Ausbildung der zukünftigen Bergbauingenieure für ein hohes Verantwortungsbewusstsein in Bezug auf Gesundheit und Arbeitssicherheit zu sensibilisieren, ist die Vermittlung notfallmedizinischer und physiologischer Hintergründe des TMR®-Konzepts seit dem Wintersemester 2022/23 Studieninhalt an der TU Bergakademie Freiberg. Dieses Angebot erweitert und ergänzt bisherige Inhalte zur Personalsicherheit, wie die bereits seit mehreren Jahren angebotenen Module „Sicherheit und Rettungswerke in der Rohstoffindustrie“ und „Studentische Gruben- und Gasschutzwehr“.

Die vierteilige Blockvorlesung „Industriesicherheit und Notfallmedizin für Ingenieurberufe“ im Umfang von zwei Semesterwochenstunden wird aktuell im Studium Generale und im Diplomstudiengang „Geotechnik, Bergbau, Geo-Energiesysteme“ angeboten und ist in die ab WS 2023/24 neu einzuführenden (geplanten) Diplomstudiengänge „Geotechnik“ und „Bergbau“ als Wahlpflichtmodul fest integriert.

per semester week is currently offered in the Studium Generale and in the diploma course “Geotechnical Engineering, Mining and Geo-Energy Systems”. Furthermore, they are firmly integrated into the (planned) diploma courses “Geoengineering” and “Mining”, which will be introduced from the winter semester 2023/24.

The purpose of this lecture is to awaken the basic understanding of the necessity of a pre-emptive emergency medical secured work environment at an early stage, in order to provide the necessary information to the future responsible persons and decision makers, so that they can make necessary organizational decisions in their later area of responsibility with regards to staff safety and health. In addition to the positive evaluation results to date, the high demand by students and also employees reflects the relevance of the topic and shows the interest of future engineers in aspects of necessary emergency medical protection for personnel in their area of responsibility.

#### **Authors / Autoren**

Prof. Dr. med. habil. Andreas Fichtner, Kreiskrankenhaus Freiberg, Technische Universität (TU) Bergakademie Freiberg, TU Dresden, Medizinische Fakultät; Christine Staak, Universitätsklinikum Halle, Halle (Saale); Dipl.-Ing. Benedikt P. Brunner, Universität Göteborg/Schweden; Dipl.-Ing. Frank Reuter, Univ.-Prof. Dr.-Ing. Helmut Mischo und Univ.-Prof. Dr.-Ing. Jörg Benndorf, Technische Universität (TU) Bergakademie Freiberg, Freiberg

Mit dieser Vorlesung soll das grundlegende Verständnis der Notwendigkeit einer präemptiv notfallmedizinisch abgesicherten Arbeitsumgebung frühzeitig geweckt werden, um damit den zukünftigen Verantwortungs- und Entscheidungsträgern die notwendigen Informationen an die Hand zu geben, damit diese in ihrem späteren Verantwortungsbereich notwendige organisatorische Entscheidungen im Hinblick auf Personalsicherheit und -gesundheit treffen können. Die hohe Nachfrage durch die Studierenden und auch Mitarbeiter spiegelt neben den bisherigen positiven Evaluationsergebnissen die Relevanz des Themas wider und zeigt das Interesse der zukünftigen Ingenieure an Aspekten notwendiger notfallmedizinischer Absicherung des Personals im Verantwortungsbereich.