

Responsible Mining

Mining influences the natural and social environment to a great extent. More than other industries, the mining industry is aware of this impact, especially regarding their historical legacy. Responsible mining is characterized by this awareness and the dealing with the impact. The common definition of sustainable development reflects the combination of that awareness and the handling of development in present and future. Refusal of mining does not represent a sustainable development because the present generation needs raw materials for their living. Rather, mining needs to be performed with regard to the responsibility

for the present and the future. Therefore, the mapping of needs and impacts represents an essential task for sustainable activities. Taking up the definition of sustainable development, responsible mining should shape the presence, add value and keep doors open for future generation and provide them a plurality of options without comprising future abilities. Hereafter, thoughts and ideas for those areas are presented for sustainable mining practice. Afterwards, possibilities are shown to integrate discussed aspects into the mining engineering education.

Responsible Mining

Bergbau beeinflusst in einem hohen Maß sowohl die Umwelt als auch das soziale Umfeld. Dieser Beeinflussung ist sich der Bergbau mehr als andere Industrien bewusst, besonders in Hinblick auf die Auswirkungen vergangener Aktivitäten. Das Bewusstsein und der Umgang mit dieser Einflussnahme zeichnen einen verantwortungsvollen Bergbau aus. Die Zusammenführung des Bewusstseins und der Umgang mit den Entwicklungen der Gegenwart und der Zukunft entsprechen unserem heutigen Verständnis einer nachhaltigen Entwicklung. Angesichts der Notwendigkeit von Rohstoffen für die Bedürfnisse der heutigen Generation stellt daher eine Ablehnung des Bergbaus keine nachhaltige Entwicklung dar. Ein verantwortungsbewusster Bergbau zeichnet sich durch eine positive Gestaltung von Gegenwart und Zukunft aus. Die Erfassung weite-

rer Bedürfnisse und Konsequenzen der Entwicklungen stellt jedoch eine wesentliche Aufgabe dar, um die Aktivitäten so nachhaltig zu gestalten, welche komplex und vielleicht nicht lösbar ist, da besonders im bergbaulichen Umfeld die beeinflussten Bereiche und Akteure vielfältig und weit verteilt sind. Greift man die Definition einer nachhaltigen Entwicklung auf, ist der Anspruch an einen verantwortungsvollen Bergbau das Heute zu gestalten, einen Mehrwert zu schaffen und für die zukünftigen Generationen die Türen offen zu halten und ihnen so eine Vielzahl von Möglichkeiten zu geben, welche sie nicht einschränkt. Im Folgenden werden für diese Bereiche Gedanken und Ideen zur nachhaltigen Bergbaupraxis aufgezeigt. Im Anschluss werden Möglichkeiten aufgezeigt, diese Aspekte in die Ausbildung von Bergbauingenieuren zu integrieren.

Introduction

Mining influences the natural and social environment to a great extent. More than other industries, the mining industry is aware of this impact, especially regarding their historical legacy. Responsible mining is characterized by this awareness and the dealing with the impact. Also, mining companies take on the responsibility for the mineral supply and support the economic development by the mineral extraction (1, 2).

The common definition of sustainable development according to the Brundtland-Commission reflects the combination of that awareness and the handling of development in present and future. It is a "development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs." (3).

Refusal of mining does not represent a sustainable development because the present generation needs raw materials for their living. Rather, mining needs to be performed with regard to

Einführung

Bergbau beeinflusst in einem hohen Maß sowohl die Umwelt als auch das soziale Umfeld. Dieser Beeinflussung ist sich der Bergbau mehr als andere Industrien bewusst, besonders in Hinblick auf die Auswirkungen vergangener Aktivitäten. Das Bewusstsein und der Umgang mit dieser Einflussnahme zeichnen einen verantwortungsvollen Bergbau aus. Andererseits übernehmen Bergbauunternehmen die Verantwortung für die Versorgung mit Rohstoffen und unterstützen so eine wirtschaftliche Entwicklung (1, 2).

Die Zusammenführung des Bewusstseins und der Umgang mit den Entwicklungen der Gegenwart und der Zukunft spiegeln die allgegenwärtige Definition einer nachhaltigen Entwicklung nach Brundtland wieder. Eine Entwicklung ist dann nachhaltig, wenn sie die Bedürfnisse der heutigen Generation zufriedenstellt, ohne dabei die Möglichkeiten zukünftiger Generationen zu gefährden (3).

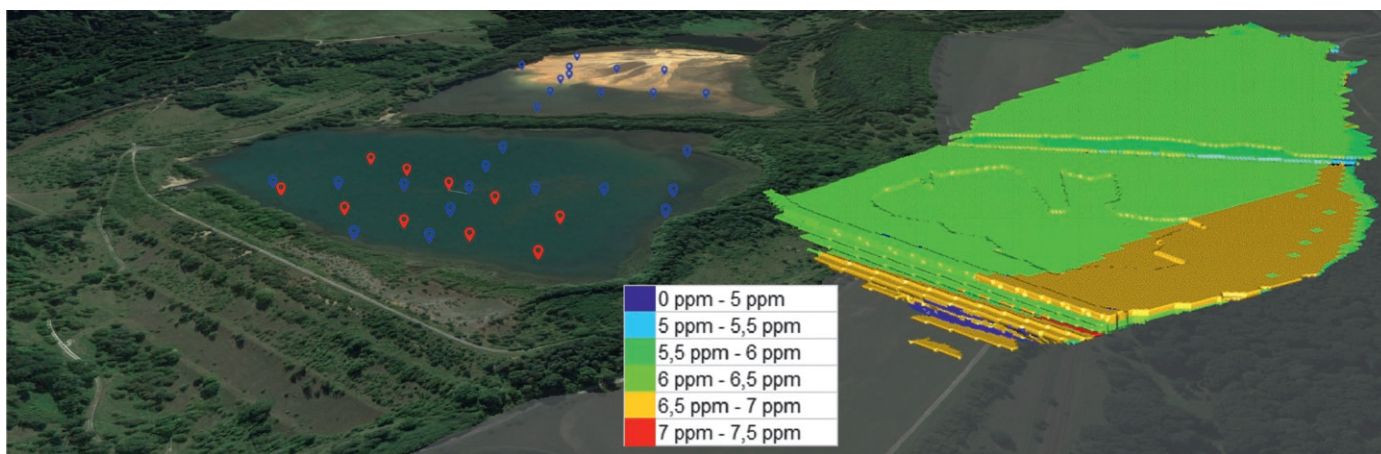


Fig. 1. Modelled deposit with indium grades and sampling points.

Bild 1. Lagerstättenmodell mit Indiumgehalten und Probenahmepunkten. Source/Quelle: TUC

the responsibility for the present and the future. Therefore, the mapping of needs and impacts represents an essential task for sustainable activities. Due to the numerous affected areas and stakeholders, the mapping is complex and the task cannot be solved completely. By using the triple-bottom-line concept, which is considering the areas of economy, environment and society, a consciousness of affected sectors can be created by focusing on three areas. The Australian Centre for Sustainable Mining Practices (ACSMP) expands the concept for sustainable mine practice by introducing two important points for the mining industry: resource efficiency and safety. The deposits are the basis for the activity. They are limited and predetermined but dictate the approach. Resource efficiency represents a responsible exploitation. Furthermore, safety is an important focus of the mining practice. Often, approaches and measures differ from other industries because of the operational characteristics, the accessibility as well as the dimensions (4).

Keep doors open: Perspectives on tailings

Relating to the exploitation of mineral resources, resource efficiency is discussed less often than relating to materials or energy. Besides present demands, a sustainable design must consider the future needs. The exclusive mining of high-grade areas is not sustainable if the subsequent extraction is hindered. At best, deposits can get fully exploited (4).

Though, the definition of waste and value is changing depending on the available technology and the demand at the date of mining. Hence, waste can become value and non-profitable areas can be exploitable or a reprocessing of tailings is considered.

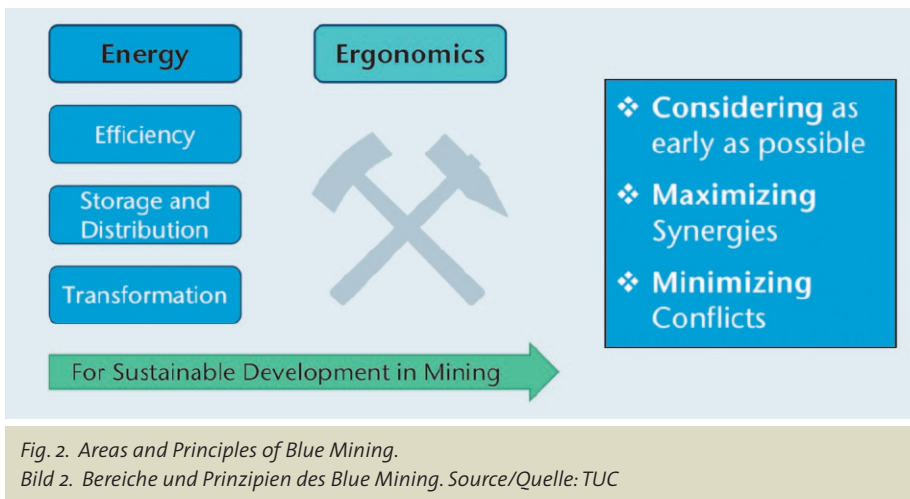
Since 2015, the recycling of tailings is investigated at the former ore mine Rammelsberg in Goslar/Germany funded by the Federal Ministry of Education and Research (BMBF) (5). Until its exploitation, the deposit has been one of the biggest deposits for indium in Europe. During the operation until 1988, indium was not extracted. After the closure, the demand increased significantly due to the usage of indium-tin-oxide (ITO) for solar panels and flat screens. The remnants of the deposit are the tailing ponds in which the waste material was disposed in the last fifty years of operation. Under the new circumstances, the potential

Angesichts der Notwendigkeit von Rohstoffen für die Bedürfnisse der heutigen Generation stellt daher eine Ablehnung des Bergbaus keine nachhaltige Entwicklung dar. Jedoch zeichnet sich ein verantwortungsbewusster Bergbau durch eine positive Gestaltung von Gegenwart und Zukunft aus. Die Erfassung weiterer Bedürfnisse und Konsequenzen der Entwicklungen stellt jedoch eine wesentliche Aufgabe dar, um die Aktivitäten so nachhaltig zu gestalten, welche komplex und vielleicht nicht lösbar ist, da besonders im bergbaulichen Umfeld die beeinflussten Bereiche und Akteure vielfältig und weit verteilt sind. Jedoch kann ein Bewusstsein für die verschiedenen Einflussbereiche geschaffen werden, indem beispielsweise das allgemeine Drei-Säulen-Modell mit den Bereichen Wirtschaft/Umwelt/Soziales genutzt wird, welches zunächst drei Schwerpunkte der Betrachtung vorgibt. Das australische Zentrum für nachhaltige Bergbaupraxis (ACSMP) erweitert dieses und stellt damit ein passenderes Modell für die Aspekte für nachhaltige Bergbauaktivitäten zur Verfügung. Zusätzlich werden Ressourceneffizienz und Sicherheit aufgeführt, welche im Bergbau im Vergleich mit anderen Industrien eine besondere Rolle einnehmen. Die Lagerstätte und somit die Basis der Unternehmung ist limitiert und vorgegeben, bestimmt aber gleichzeitig das Vorgehen. Ressourceneffizienz fordert einen verantwortungsbewussten Umgang. Außerdem bildet die Gruben-, Betriebs- und Arbeitssicherheit einen Schwerpunkt der Arbeit, welche sich aufgrund der Betriebscharakteristik und der Zugänglichkeit aber auch aufgrund der Dimensionen von herkömmlichen Ansätzen unterscheiden kann (4).

Türen offen halten: Perspektiven auf Berge

Ressourceneffizienz in Bezug auf den Abbau von Lagerstätten ist ein Thema, welches deutlich seltener diskutiert wird als eine Effizienz in Bezug auf Material oder Energie. Die nachhaltige Gestaltung des Abbaus muss neben dem heutigen Bedarf die zukünftigen Bedürfnisse berücksichtigen. Als nicht nachhaltig gilt ein ausschließlicher Abbau von Bereichen hoher Gehalte besonders, wenn ein späterer weiterer Abbau deutlich erschwert wird. Es gilt bestenfalls eine vollständige Ausbeutung zu garantieren (4).

Jedoch verändert sich die Definition von Wertmaterialien und Bergen in Abhängigkeit von zur Verfügung stehender Technik und



of the tailings is investigated. For this purpose, the deposit was modelled using historic and newly gained data (Figure 1). Furthermore, approaches for mining and processing are planned. Entrusted with these tasks, the viewpoint of a future generation opened. The research shows which steps in the past could have eased the resumption of activities.

For the deposit modelling, historic documentation, data of previous investigations and assays of new sampling were used. The data situation was complicated due to the transformation of the operating company. Hence, only fragments of the operational documentation were available and published data needed to be used. Thus, the request can be formulated to keep and store all captured data to provide the opportunity of usage for future generation. Public archives are important to support the preservation of the knowledge.

The possibility of reprocessing should be considered in the selection of approaches in the design and construction of tailings ponds. Often, the dam is supported by the material. This can lead to huge harm in case of a lack of knowledge about the rheology as in the case of the dam failure in the Brazilian state Minas Gerais in November 2015 (6). Also, this kind of construction leads to difficulties in dam reconstruction. The investigations showed a slight weathering caused by the water coverage abetting the reprocessing. Therefore, an isolation of the material relating to surroundings fostering weathering is preferable.

In conclusion, a subsequent usage is supported by an early awareness of such possibilities if those thoughts lead to an adjusted planning. To integrate those subsequent and multiple usages into the planning process, represents a goal of the Blue Mining approaches, which focuses on ergonomics and energy. Three main principles frame the approach, which are shown in Figure 2 on the right side.

Mine planning should be performed with regard on future possibilities and awareness of impacts and consequences for the future. That way, present and future interest, is considered and doors are kept open to add value as described in the following section (7).

Add value: More than a mine

Besides surface installations, an underground mine consists of cavities which provide an access to the deposits, facilitate extrac-

dem Bedarf unter den Rahmenbedingungen der Zeit des Abbaus. Durch Veränderungen in Bedarf und Technologien können Berge zu Wertmaterialien werden, sodass beispielweise nicht bauwürdige Bereiche bauwürdig werden oder eine Wiederaufbereitung von Berggehalten in Betracht kommt.

Neue Untersuchungen zum Recycling von Bergematerial finden am ehemaligen Erzbergwerk Rammelsberg in Goslar seit dem Jahr 2015 statt (5). Grundlage für dieses Projekt „Recycling bergbaulicher Aufbereitungsrückstände zur Gewinnung wirtschaftsstrategischer Metalle am Beispiel der Tailings am Bollrich in Goslar“, das

vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) gefördert wird, bildet die Lagerstätte des Rammelsbergs, welche bis zu ihrem Abbau zu den größten Indium-Lagerstätten Europas gehörte. Aufgrund der mangelnden Bedeutung wurde es während der Betriebszeit bis zum Jahr 1988 nicht gewonnen. Dies änderte sich jedoch nach der Schließung, da durch die Verwendung von Indiumzinnoxiden (ITO) sowohl in Solarzellen als auch Touchscreens sich die Nachfrage stark erhöhte. Den Überrest der Lagerstätte, welcher der Gegenstand der heutigen Untersuchungen ist, bilden Bergeteiche, in denen die Aufbereitungsrückstände in den letzten 50 Betriebsjahren abgelagert worden sind. Unter den neuen Rahmenbedingungen wird deren Potential abgeschätzt, indem eine Lagerstättenmodellierung auf Basis von bestehenden und neu gewonnenen Analysedaten durchgeführt (Bild 1) und ein möglicher Abbau geplant wird. Betraut mit diesen Aufgaben wird die Perspektive einer nachfolgenden Generation eingenommen werden. Diese Erfahrung zeigt, welche Schritte in der Vergangenheit zu einer Vereinfachung einer Wiedergewinnung führen.

Für die Modellierung der Bergeteiche wurden sowohl historisch dokumentierte Betriebsdaten, Daten von zurückliegenden Untersuchungen und Auswertungen einer neuer Probenahme genutzt. Die Datenlage hierbei stellte sich als kompliziert dar, da sich die Betreibergesellschaft umfirmiert hatte, sodass nur ein Teil der betrieblichen Dokumentation zur Verfügung stand und teilweise auf veröffentlichte Ergebnisse zurückgegriffen werden musste. Somit lässt sich das Anliegen formulieren, dass alle betrieblich erfassten Daten zu speichern und zu verwahren sind, sodass die nachfolgenden Generationen das bestehende Wissen nutzen können. Öffentliche Archive können bei der Bewahrung des Erbes helfen.

Beim Anlegen von Bergeteichen kann die Wiedergewinnbarkeit als ein Auswahlfaktor in die Planung aufgenommen werden. Häufig stützt das Bergematerial selbst den Damm, was einerseits bei Unwissen über die Rheologie zu großen Schäden führen kann, wie im Fall der Dammhavarie im brasilianischen Bundesstaat Minas Gerais im November 2015 (6). Andererseits stellt diese Konstruktion eine erhöhte Schwierigkeit beim Rückbau dar. Die Untersuchungen stellten eine geringe Verwitterung des Materials durch die Überdeckung mit Wasser fest, welche wiederum eine Wiederaufbereitung begünstigt. Somit sind Lagerungen zu bevorzugen, die eine Isolation von verwitterungsförderlichen Umgebungen ermöglichen.



Fig. 3. Stages in Blue Mining.

Bild 3. Planungsschritte des Blue Mining-Ansatzes.

Source/Quelle: TUC

tion, haulage and processing. Furthermore, the cavities enable the access to the rock mass which can be a source for heat and gases. Value can be added to operation by using this access. Besides, areas in a new depth are constructed. The height difference can be used for pump storage facilities. The restructuring of surface areas provides further possibilities for energy transformation installations.

The Blue Mining concepts aim to harmonize those possibilities and the extraction of raw materials during and after the production stage. Assessing only the subsequent usage of abandoned mines, the modification has drawbacks based on previous decisions leading to advantages of new constructions (8). This can be prevented by an early consideration as claimed by the Blue Mining concept.

To implement the concept into the planning process, three steps are arranged shown in Figure 3. The accuracy of planning results increases by multiple runs at different stages of mine planning. In the first stage, opportunities are identified. Based on the condition and the demand, opportunities are evaluated. The development of the environment initiated by opening and closure of the mine needs to be considered. For chosen opportunities, conflicts and synergies with the existing plans are identified. In the third stage, solutions are developed and evaluated. Those should maximize synergies and minimize conflicts. The factors for assessing the solution are chosen with consideration of different dimensions of sustainable mine practice.

Results of the process are implemented into the technical planning. An example is the orientation of heaps or roof areas as well as the planning of cavities close to the shafts for the operation of pump storages. Additional measures are developed parallel and extend the benefits of the mining operation outlasting the production phase and leading to long-term positive impacts. Synergies can improve the balance of the whole operation. For measuring and communicating the impacts, the approach of life cycle assessment can be used. Different solutions can be assessed and strength and weakness can be investigated. However, the approach depends on data, which is just slightly available for mining operations. The existing data are based on few case studies which incorporate only environmental but not social impacts (9). For a satisfying application, further development in this field is needed.

Zusammenfassend begünstigt das Bewusstsein von zukünftiger Nachnutzung diese, wenn dieses Bewusstsein zu einer angepassten Planung führt. Die Nach- und Mehrfachnutzung in die Planung zu integrieren ist das Ziel des Blue Mining-Ansatzes, der den Fokus auf Ergonomie und Energie legt. Wie in Bild 2 visualisiert, werden hierfür drei Prinzipien formuliert:

- eine frühestmögliche Berücksichtigung,
- eine Synergiemaximierung bei gleichzeitiger
- Konfliktminimierung.

Einerseits gilt es hierbei die zukünftigen Möglichkeiten zu prüfen und andererseits die Planung angesichts der Konsequenzen durchzuführen, sodass heutige und zukünftige Interessen berücksichtigt werden. Somit werden einerseits die Türen für zukünftige Generationen offen gehalten und ein Mehrwert geschaffen, wie im folgenden Abschnitt beschrieben (7).

Mehrwert schaffen: Mehr als nur ein Bergwerk

Ein untertägliches Bergwerk, das primär zu Gewinnung, Förderung und Aufbereitung von Bodenschätzen dient, besteht neben den Tagesanlagen aus Hohlräumen, die einen Zugang zur Lagerstätte schaffen und für Abbau, Förderung und Verarbeitung des Materials genutzt werden oder dafür notwendige Nebenräume sind. Gleichzeitig ermöglichen sie auch einen Zugang zum Gebirge, das eine Quelle für Wärme und Gase sein kann. Diese im besten Fall zu nutzen, stellt einen Mehrwert dar. Außerdem werden Bereiche in einer neuen Teufenlage angelegt, sodass eine Höhendifferenz geschaffen wird, welche für eine Pumpspeicherung genutzt werden kann. Die Neustrukturierung von Flächen über Tage bietet ebenfalls weitere Möglichkeiten, einen Mehrwert zu schaffen.

Ziel des Blue Mining-Konzepts ist eine Nutzung dieser Möglichkeit im Einklang mit der Rohstoffgewinnung während und nach der Gewinnungsphase. Betrachtet man einzig eine Nachnutzung von stillgelegten Bergwerken, weist ein Umbau Nachteile basierend auf vorherigen Entscheidungen auf, sodass konkurrierende Neuerrichtungen im Vorteil sind (8). Eine frühzeitige Einbeziehung von Ansätzen der Mehrfachnutzung, wie vom Blue Mining-Ansatz gefordert, beugt diesem vor und lässt einen weiteren Mehrwert entstehen.

Für die Planung schlägt das Konzept drei Schritte vor, die in Bild 3 dargestellt sind. Durch mehrfachen Durchlauf zu verschiedenen Zeitpunkten der Bergwerksplanung steigt die Genauigkeit der Planungsergebnisse. In der ersten Phase werden die Möglichkeiten identifiziert, die das Projekt bietet und auf Basis der räumlichen Gegebenheiten und des Bedarfs evaluiert. Hierbei ist die Entwicklung des Umfelds zu berücksichtigen, welche durch die Eröffnung und Schließung stattfindet. Für mögliche Ansätze werden im Anschluss Konflikte mit der bestehenden Planung identifiziert und Synergien benannt. Die in der dritten Phase zu entwickelnde Lösung zielt auf eine Maximierung der Synergien bei paralleler Verringerung der Konflikte ab und wird unter zu wählenden Kriterien bewertet.

Ergebnisse dieses Prozesses spiegeln sich in der Ausgestaltung der technischen Planung wider, wie z. B. die Ausrichtung von Halden und Dachflächen oder die schachtnahe Hohlraumplanung für das Betreiben von Pumpspeichern. Somit können Zusatzmaßnahmen mitentwickelt werden, die einen zusätzlichen Mehrwert zur Roh-

Shape the presence: Responsibility towards people

Responsibility towards people is an essential topic talking about responsible mining, particularly towards the organizations own employees. The responsibility can be divided into three areas: technical, organizational and personal.

The technical responsibility can be assigned to the manufacturers and to the management. Manufacturers are intended to design and produce their products according to usual standards. In Europe, it means the compliance with CE standards and in particular with ATEX standards. In other countries further standards are established, e.g. by the American National Standards Institute (ANSI) since 1918. It aims to strengthen the position of the US-market with the global economy and ensure at the same time the safety and health of consumers as well as the protection of environment. Besides the exclusive usage of standardized and certified machines and equipment, the maintenance and repair must be compliant.

In future, manufacturers will produce increasingly more automated equipment and machines making the workers tasks easier and safer. At this stage, fully automated machines move in dangerous areas of mines. Eventually, automation is the solution. Thus, nobody can be harmed where no people work (10).

The mining company has the organizational responsibility. It is necessary to ensure that equipment and machines are used rule-consistent and safe. Furthermore, the employees need to be informed about the machine control and related hazards. Additionally, the exposure of the employees needs to be monitored to protect them from environmental impacts. Workplace control can be carried out when the workplaces and their exposure, e.g., to noise, heat and dust, as well as the work time at each place is registered. An integrated approach including appropriate medicals survey was conducted, i. e. over decades at the RAG company at its several mines.

A safe use of machines can be achieved by using a risk assessment. It is conducted in several steps. First of all, the risks must be investigated by determination of working areas and tasks in the operational structure, hazardous substances table as well as tables of installations and equipment. Secondly, hazards resulting from used machines and substances are investigated and assessed. During the third step, required measures are determined to reduce the hazards. In the fourth step, measures are collected in a table of measures, which can be used for the control of implementation. In the last step, measures are checked for efficiency (11). For this process, it is important to establish an operational structure including an appropriate documentation using an organisation chart. Visualizing all working areas of the organisation, tasks can be assigned to the areas. The organisational structure is the foundation for the systematic determination of risks and hazards. Specialists create risk assessments and control the implementation of measures. Employees get briefed systematically in seminars, so that each employee can detect and handle hazards at his or her workplace. These measures do not only protect the employees but also the social environment having the "VISION ZERO".

In this context, VISION ZERO means that no accidents should happen. To this, the German Social Accident Insurance Institution for the Raw Materials and Chemical Industry (BG RCI) has intro-

stoffgewinnung schaffen, der die Produktionsphase überdauern kann und eine langfristige positive Auswirkung ermöglicht. Durch Nutzung der Synergien kann die Gesamtbilanz der bergbaulichen Aktivität verbessert werden. Der Ansatz der Ökobilanzierung kann für die Messung der Auswirkung im Bereich der Umwelt eingesetzt werden. Vor- und Nachteile können auf Basis der Untersuchungen kommuniziert und verschiedene Möglichkeiten verglichen werden. Problematisch hierbei ist jedoch die schlechte Datenlage für den Bergbau, die durch einzelne Fallstudien gebildet wird. Soziale Einflüsse werden nicht gemessen (9). Für eine zufriedenstellende Anwendung ist eine Weiterentwicklung notwendig.

Heute gestalten: Verantwortung gegenüber Menschen

Zum Thema „Responsible Mining“ gehört natürlich auch die Verantwortung gegenüber den Menschen, insbesondere den eigenen Mitarbeitern. Diese Verantwortung lässt sich in drei Bereiche einteilen: die technische, die organisatorische und die persönliche Verantwortung.

Die technische Verantwortung liegt eindeutig bei den Herstellern und der Unternehmensleitung. Die Hersteller sind verpflichtet, ihre Produkte nach den gängigen Standards auszulegen und zu produzieren. In Europa ist dies die Konformitätsbescheinigung nach CE oder im Speziellen nach ATEX. In anderen Ländern gibt es weitere Standards, wie z.B. den des American National Standards Institute (ANSI), das seit dem Jahr 1918 ein amerikanisches Normen- und Konformitätsbewertungssystem aufgebaut hat, das seine Mitglieder in die Lage versetzen soll, die Position des US-Markts in der Weltwirtschaft zu stärken und gleichzeitig die Sicherheit und Gesundheit der Verbraucher sowie den Schutz der Umwelt zu gewährleisten. Die Unternehmen sind verpflichtet, nur standardisierte und zertifizierte Geräte und Maschinen einzusetzen. Dies betrifft nicht nur Neuanschaffungen, sondern auch die Wartung bzw. Reparatur.

In Zukunft werden die Hersteller immer weiter automatisierte Geräte und Maschinen produzieren, die den Menschen die Arbeit erleichtern und die Arbeit sicherer machen. Schon heute bewegen sich vollautomatische Maschinen in gefährlichen Bereichen eines Bergwerks. Letztlich ist Automation die anzustrebende Lösung, denn wo keine Menschen beschäftigt sind, kann auch niemand geschädigt werden (10).

Die organisatorische Verantwortung hat das Bergbauunternehmen. Hier gilt es, dafür Sorge zu tragen, dass die Geräte und Maschinen regelkonform und sicherheitlich richtig eingesetzt und die Mitarbeiter entsprechend informiert werden, wie die Maschinen zu bedienen sind und welchen Gefahren sie bei der Bedienung ausgesetzt sind. Weiterhin ist eine Erfassung der Belastung der Mitarbeiter erforderlich, um sie vor zu hohen Umweltbelastungen zu schützen. Dies kann beispielsweise eine Arbeitsplatzsteuerung leisten, wenn regelmäßig erfasst wird, wie die Bereiche, in denen die Mitarbeiter arbeiten, z.B. durch Lärm, Hitze und Staub belastet sind und wie häufig sie dort gearbeitet haben. Ein integriertes Konzept mit entsprechenden ärztlichen Untersuchungen wurde beispielsweise von der RAG Aktiengesellschaft über Jahrzehnte in ihren Bergwerken erfolgreich durchgeführt.

Der sicherheitlich richtige Einsatz von Maschinen kann durch eine Gefährdungsbeurteilung erreicht werden. Diese



Fig. 4. VISION ZERO by BG RCI (12).

duced the concept „VISION ZERO and the 7 Golden Rules in Mining. Your First Steps to Success in Prevention“ (12). The prevention strategy defines goals for the year 2024 (Figure 4). Quantitative goals are chosen to sensitize all stakeholders to make further efforts and achievements in prevention. Therefore, milestones must be defined and a reporting system has to be installed. For all prevention measures, the effectiveness, perception and acceptance of the social environment must be examined systematically and regularly.

The establishment of standby force for emergencies is very important for the social environment. Potential incidents, which are affecting not just the mine itself, can be localized and mitigated in a safe way.

The International Council on Mining and Metals (ICMM), which incorporate already six of the ten biggest mining com-



Bild 4. VISION ZERO der BG RCI (12).

erfolgt in mehreren Schritten. Zunächst muss die Gefährdung ermittelt werden. Hierfür werden Arbeitsbereiche und Tätigkeiten in der Betriebsstruktur, Gefahrstoffverzeichnisse sowie ein Verzeichnis der Anlagen und Geräte festgelegt. Im zweiten Schritt wird bewertet, welche Gefährdungen von den im Betrieb eingesetzten Maschinen oder Gefahrstoffen ausgehen können und wie diese zu bewerten sind. In einem dritten Schritt werden die erforderlichen Maßnahmen festgelegt, mit denen die Gefährdung begrenzt werden kann. Im vierten Schritt werden die festgelegten Schutzmaßnahmen in eine Maßnahmenliste eingetragen, damit die Durchführung entsprechend kontrolliert werden kann. In einem letzten Schritt müssen die Maßnahmen auf ihre Wirksamkeit überprüft werden (11). Für diesen Prozess ist die Einrichtung einer Betriebsstruktur, die in einem Organigramm dokumentiert ist, von hoher Bedeutung. Dieses Organigramm stellt eine Übersicht über alle Arbeitsbereiche des Betriebs dar, denen die dort durchgeführten Tätigkeiten zugeordnet werden können. Diese Betriebsstruktur ist die Grundlage für eine systematische Gefährdungsermittlung. Durch den Einsatz entsprechender Fachkräfte können diese Gefährdungsbeurteilungen erstellt und die Maßnahmen überprüft werden. Die systematische Unterweisung der Mitarbeiter in geeigneten Seminaren stellt sicher, dass jeder in der Lage ist, die Gefahr an seinem Arbeitsplatz zu erkennen und zu beherrschen. Diese Maßnahmen schützen nicht nur die Mitarbeiter des Unternehmens, sondern auch das soziale Umfeld und dienen dabei dem Ziel „VISION ZERO“.

VISION ZERO bedeutet in diesem Zusammenhang, dass keine Unfälle mehr auftreten sollten. Hierzu gibt es ein Konzept der deutschen Berufsgenossenschaft Rohstoffe und chemische Industrie (BG RCI) „VISION ZERO and the 7 Golden Rules in Mining: Your First Steps to Success in Prevention“ (12). In dieser Präventionsstrategie werden Ziele definiert (Bild 4), die bis zum Jahr 2024 erreicht werden sollen. Hierbei ist es wichtig, dass die Ziele quantitativ festgelegt werden, um alle Beteiligten zu sensibilisieren, weitere Anstrengungen auf dem Gebiet der Prävention und weitere Erfolge zu erreichen. Hierfür müssen Meilensteine festgelegt und ein regelmäßiges Reporting eingerichtet werden. Als Ergebnis müssen die Wirksamkeit sowie die Wahrnehmung und die Akzeptanz des sozialen Umfelds aller Präventionsmaßnahmen regelmäßig und systematisch evaluiert werden.

Für das soziale Umfeld ist die Einrichtung einer Notfallbereitschaft von hoher Bedeutung. Etwaige Ereignisse, die nicht nur das Bergwerk selbst betreffen, können damit sicher und schnell eingegrenzt und entschärft werden.

Das International Council on Mining and Metals (ICMM), dem bereits sechs der zehn größten Bergbaugesellschaften der Welt angehören, hat zum Ziel eine bedeutende Rolle bei der Förderung der sozialen und wirtschaftlichen Entwicklung zu spielen. Die Förderung einer engeren Zusammenarbeit zwischen den Branchenfürhrrern soll dazu beitragen, die Armut zu lindern und den Menschen Zugang zu einem besseren Leben zu ermöglichen. Hierfür wurden zehn Prinzipien aufgestellt, die von den Unternehmen anerkannt und umgesetzt werden sollen (13). Die Prinzipien beschreiben die in dieser Veröffentlichung angesprochene Verantwortung gegenüber dem sozialen Umfeld, insbesondere den Mitarbeitern. Beispielsweise wird gefordert, die Menschenrechte

panies, aims to have a central role in the promotion of social and economic development. Encouragement of collaboration amongst the industry leaders should contribute to alleviate poverty and give people access to a better life. Ten principles are defined and all members are committed to them (13). The principles describe responsibility towards the social environment as addressed by this paper especially towards the employees. The principles i. e. refer to respect human rights and interest, cultures, traditions and values of employees and affected communities. Furthermore, the implementation of risk management systems and strategies based on scientific evidence as well risk perception of stakeholders must be considered. By continuous improvement of health and safety efforts, VISION ZERO is pursued as an ultimate goal in principle five. The ninth principle targets the continuous improvement of social services to contribute to the social, economic and institutional development of countries and communities. The topics of water, tailings and post-mining are also focused.

The personal responsibility is situated in the social environment. It means for the employees to wear the personal protection equipment provided by the mining company as well as regular medical examinations. By constructive collaboration with the mining company, people from the farer social environment take their responsibility. The mining company contributes by direct and indirect employment of community members as well as by the local business development, the economic diversifications and strategic social investments (13).

Education for Responsible Mining

The responsible mine planning and practice is mandatory for the future of mining. A transparent stakeholder communication is required to prove taking-over of responsibility and ensure the acceptance for the activity. The field of work for future mining engineers includes the communication with different groups as well as the sustainable planning and realisation of mining projects. Hence, the education of mining engineers must be designed for this purpose.

The implementation of those aspects cannot be realized by only the extension of existing classes. A holistic integration into the curriculum is required. To integrate sustainability into the curriculum describes four ways (14):

- a limited coverage of environmental issues in existing modules or courses;
- specific courses on sustainability;
- sustainability intertwined as an approach for regular courses; and
- the possibility for specialization in the area of sustainability.

Possibilities for implementation are presented by (15). The constructive alignment of intended learning outcomes, teaching-learning activities and assessment according to (16) is an essential foundation. Formulated as learning outcomes, the development of skills is the objective of the courses. By the successful and continuous linkage of professional, technical and social skills as well as system expertise, courses and programs can be designed more diverse in the given temporal and personnel framework and

und die Interessen, Kulturen, Sitten und Werte von Mitarbeitern und Gemeinschaften, die von den Aktivitäten der Bergbauunternehmen betroffen sind, zu respektieren. Weiterhin effektive Risikomanagementstrategien und -systeme zu implementieren, die auf fundierten wissenschaftlichen Erkenntnissen beruhen und die Risikowahrnehmung der Stakeholder berücksichtigen. Ebenso wird in Prinzip 5 das ultimative Ziel, die VISION ZERO, verfolgt, nämlich die kontinuierliche Verbesserung der Gesundheits- und Sicherheitsleistung. Das neunte Prinzip ruft dazu auf, die soziale Leistung kontinuierlich zu verbessern und zur sozialen, wirtschaftlichen und institutionellen Entwicklung der Länder und Gemeinschaften beizutragen. Im Fokus stehen auch in diesem Konzept die Bereiche Wasser, Aufbereitungsrückstände sowie der Nachbergbau.

Die persönliche Verantwortung liegt natürlich im Bereich der Menschen des sozialen Umfelds. Für die Mitarbeiter bedeutet dies, dass sie die erforderliche persönliche Schutzausrüstung tragen, die vom Bergbauunternehmen zur Verfügung gestellt wird, und sich regelmäßig ärztlich betreuen lassen. Für die Menschen im weiteren sozialen Umfeld liegt die Verantwortung in einer konstruktiven Zusammenarbeit mit dem Bergbauunternehmen, dessen Beiträge neben der direkten und indirekten Beschäftigung der Menschen dieser Gemeinschaften, u. a. die lokale Unternehmensentwicklung, die wirtschaftliche Diversifizierung sowie strategische soziale Investitionen sein können (13).

Ausbildung für Responsible Mining

Das verantwortungsvolle Ausüben und Planen von bergbaulichen Aktivitäten ist zwingend für einen zukunftsfähigen Bergbau. Eine transparente Kommunikation mit den Beteiligten der verschiedenen Parteien ist notwendig, um die Verantwortungsübernahme vorzuweisen und die Akzeptanz der Unternehmungen zu gewährleisten. So kann das Arbeitsfeld des Bergbauingenieurs der Zukunft beschrieben werden, der mit verschiedenen Zielgruppen erfolgreich kommunizieren kann und mittels innovativen Herangehensweisen nachhaltig Bergbau plant und umsetzt. Daher gilt es, deren Ausbildung entsprechend zu gestalten.

Die Einbindung der Aspekte in die bestehenden Ausbildungssysteme kann nicht nur als eine Erweiterung durch Einzelkurse geschehen. Es bedarf einer Integration in den Gesamtkontext. Die Integration von Nachhaltigkeit in das Curriculum zeigt vier Wege auf (14):

- eine begrenzte Abdeckung von Umweltaspekten in existierenden Lehrveranstaltungen,
- eigene Lehrveranstaltungen zum Thema Nachhaltigkeit,
- die Einflechtung der Aspekte in reguläre Lehrveranstaltungen sowie
- die Möglichkeit zur Spezialisierung im Bereich der Nachhaltigkeit.

Möglichkeiten für die Kursentwicklung zeigt (15) auf. Hauptpunkt ist die Abgleichung von Lernzielen, Aktivitäten und Prüfungen gemäß (16). Die formulierten Lernziele sind hierbei auf eine Kompetenzorientierung der Studierenden ausgerichtet. Durch die Verbindung von Fach-, Methoden-, Selbst- und Sozialkompetenz können im zeitlichen und personellen Rahmen der Lehrveran-

aware acting engineers can be educated. But, appropriate teaching/learning activities are required differing from common frontal monologues. Experimental learning spaces can enhance the positive effects of activate learning methods (17).

Conclusion

Mining must take over responsibility for human and environment by actions shaped in regards to sustainability, by the development of technologies and decision paths and by the education of engineers, who can look at the bigger picture besides their area and spot the social responsibility. Therefore, all parties involved must collaborate in industry, science, education and community.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Mirande, M.; Chamber, D.; Coumans, C.: Framework for Responsible Mining. A Guide to Evolving Standards, 2005.
- (2) Klein, P.: Why the Future of Mining Depends on Social Change (online). 23 February 2012, 12:00 (viewed 4 January 2018). Available from: <https://www.forbes.com/sites/csr/2012/02/23/why-the-future-of-mining-depends-on-social-change/#4a56e9e936f9>.
- (3) World Commission on Environment and Development: Our common future. Repr. Oxford: Oxford Univ. Press, 1987. 0-19-282080-X.
- (4) Laurence, D.: Establishing a sustainable mining operation (online). An overview. Journal of Cleaner Production. 2011, 19(2-3), pp 278–284. Available from: 10.1016/j.jclepro.2010.08.019.
- (5) Technische Universität Clausthal: Wieder Rohstoffe aus dem Harz: Neues Forschungsprojekt läuft an. Goslar, 14 May 2015.
- (6) Samarco: One year after the fundao dam failure (online). 2016 (viewed 21 December 2017). Available from: http://samarco.com/wp-content/uploads/2017/01/Book-Samarco_Ingles_v1.pdf.
- (7) Langefeld, O.; Binder, A.: Blue Mining – Planning future mines today. World of Mining – Surface & Underground. 2017, 69(2), pp 109–112.
- (8) Beck, H.-P.; Schmidt, M.: Windenergiespeicherung durch Nachnutzung stillgelegter Bergwerke. Abschlussbericht. Goslar, 2011.
- (9) Awuah-Offei, K.; Adekpedjou, A.: Application of life cycle assessment in the mining industry (online). The International Journal of Life Cycle Assessment. 2011, 16(1), pp 82–89. Available from: 10.1007/s11367-010-0246-6.
- (10) Langefeld, O.: Fully Automated Underground Mine. Mining Report Glückauf 153 (2017), Heft 5, S. 429–435.
- (11) Sächsisches Staatsministerium für Wirtschaft, Arbeit und Verkehr: Arbeits- und Gesundheitsschutz in kleinen Unternehmen. 2.th ed., 2011.
- (12) Meesmann, U.: VISION ZERO and the 7 golden rules in Mining. Your first steps to sucess in prevention, 2017.
- (13) International Council of Mining & Metals: ICMM 10 Principles (online). 2018 (viewed 3 January 2018). Available from: <https://www.icmm.com/en-gb/about-us/member-commitments/icmm-10-principles>.
- (14) Shields, D.; Verga, F.; Andrea Blengini, G.: Incorporating sustainability in engineering education (online). International Journal of Sustainability in Higher Education. 2014, 15(4), pp 390–403. Available from: 10.1108/IJSHE-02-2013-0014.
- (15) Binder, A., Langefeld, O., Clausen, E., Hutwalker, A.: Linking Sustainability and Underground Mining: Course development in the Master Mining Engineering. In: Marilena Cardu, ed. 28th SOMP Annual Meeting and Conference. Proceedings- Papers, 2017.
- (16) Biggs, J.: Enhancing teaching through constructive alignment (online). Higher Education. 1996, 32(3), pp 347–364. Available from: 10.1007/BF00138871.
- (17) Clausen, E.; Binder, A.: Innovative learning spaces for experimental learning: Underground mines. In: Robert Brennan, Kristina Edström, Ron Hugo, Janne Roslöf, Robert Songer, and Daniel Spooner, eds.: The 13th International CDIO Conference. Proceedings Full Papers, 2017, pp. 595–604.

staltungen und Studiengänge breiter aufgestellte und bewusst handelnde Ingenieure ausgebildet werden. Es bedarf hierfür geeigneter Lern-/Lehr-Aktivitäten, welche sich von den Frontalvorträgen unterscheiden. Durch besondere Lernorte können diese aktivierenden Methoden unterstützt werden (17).

Fazit

Der Bergbau muss Verantwortung für Mensch und Umwelt übernehmen, indem das Handeln im Hinblick auf die Nachhaltigkeit gestaltet wird, Technologien und Entscheidungswege weiterentwickelt und Ingenieure ausgebildet werden, die neben ihrem Bereich das große Ganze und die gesellschaftliche Verantwortung im Blick haben. Um diesen Aufgaben gerecht zu werden, bedarf es der Zusammenarbeit aller Akteure in Industrie, Wissenschaft, Ausbildung und Gesellschaft.

Authors / Autoren

Prof. Dr.-Ing. Oliver Langefeld, Angela Binder M. Sc., Institut für Bergbau der Technischen Universität (TU) Clausthal, Clausthal-Zellerfeld