

Mine Surveying and Post-Mining Activities of RAG Aktiengesellschaft

RAG Aktiengesellschaft, Herne/Germany, owns the last two coal mines in Germany: the mine Prosper-Haniel in Bottrop and the Mine in Ibbenbüren. At the end of 2018 the production of hard coal will be finished. But even then the RAG Aktiengesellschaft remains responsible for the consequences caused by the coal industry. The area of responsibility will include settling of mining damage and the handling of closed mines among others. RAG Aktiengesellschaft is intensively dealing with this matter, bears

the responsibility and takes action. This article demonstrates how the risks of historical mine building and former surface openings are consequently met in the post-mining sector. The majority of these risks date from long before the foundation of RAG Aktiengesellschaft. Important elements are a well-functioning risk management system, an optimized monitoring system and preventive exploration and remediation measures which are state of the art.

Markscheidewesen und Altbergbau der RAG Aktiengesellschaft

Die RAG Aktiengesellschaft, Herne, betreibt die letzten verbliebenen Steinkohlenbergwerke in Deutschland: Das Bergwerk Prosper-Haniel in Bottrop und das Bergwerk in Ibbenbüren. Zum Jahresende 2018 stellen auch sie die Förderung ein. Doch auch danach bleibt die RAG Aktiengesellschaft für die durch den Steinkohlenbergbau entstandenen Folgen verantwortlich. Zu den Aufgabebereichen zählen u.a. die Regulierung von Bergschäden und die Bearbeitung des Altbergbaus. Die RAG Aktiengesellschaft setzt sich intensiv mit dem Thema auseinander, trägt Verantwortung

und handelt. Der Beitrag zeigt auf, wie im Bereich des Altbergbaus den Risiken aus historischen Grubenbauen und verlassenen Tagesöffnungen, die zum Großteil schon lange vor Gründung der RAG Aktiengesellschaft angelegt worden sind, konsequent Rechnung getragen wird. Wichtige Bausteine sind dabei ein gut funktionierendes Risikomanagementsystem, ein optimiertes Monitoring und präventive Erkundungs- und Sanierungsmaßnahmen auf dem aktuellen Stand der Technik.

1 Introduction

RAG Aktiengesellschaft (RAG), Herne/Germany was founded in 1968 as a consolidation company of the Ruhr mining industry, the company was entered into the commercial register at the beginning of 1969 as Ruhrkohle AG. 19 out of 29 mining companies joined the company. Parts of the Eschweiler mine association (1988), Sophia-Jacoba GmbH (1990) and Auguste Viktoria (1991) were taken over since the foundation. At the end of the 1990s with Saarbergwerke AG the Saarland coal industry was taken over by the RAG. The last acquisition of a coal producer took place in early 1999 with Preussag Anthrazit GmbH (Figure 1).

As a result of the coal policy decisions to end subsidized hard coal mining in 2007 the last ton of coal will be produced at the end of 2018. Even beyond the expiry of hard coal production RAG will be accountable for the mining legacies they are responsible for. Essentially, these are long-term liabilities, such as polder measures, mine water management and groundwater purification as well as classical legacies, e.g. reclamation and environmental protection, the processing of mining damage as well as post-mining activities.

1 Einleitung

Die heutige RAG Aktiengesellschaft (RAG), Herne, wurde im Jahr 1968 als Konsolidierungsgesellschaft des Ruhrbergbaus gegründet und Anfang 1969 als Ruhrkohle AG ins Handelsregister eingetragen. Dem Unternehmen traten damals 19 von 29 Bergbauunternehmen bei. Seit Gründung der Ruhrkohle AG wurden Teile des Eschweiler Bergwerksvereins (1988), der Sophia-Jacoba GmbH (1990) und der Gewerkschaft Auguste Viktoria (1991) übernommen. Ende der 1990er Jahre wurde mit der Saarbergwerke AG der saarländische Steinkohlenbergbau durch die RAG übernommen. Die letzte Übernahme erfolgte Anfang 1999 mit der Preussag Anthrazit GmbH (Bild 1).

Als Folge der im Jahr 2007 getroffenen kohlepolitischen Beschlüsse zur Beendigung des subventionierten Steinkohlenabbaus wird Ende 2018 die letzte Tonne Steinkohle gefördert werden. Die RAG bleibt jedoch auch über das Förderende hinaus verantwortlich für die durch sie zu vertretenden bergbaulichen Hinterlassenschaften. Im Wesentlichen sind dies Ewigkeitsaufgaben, wie z.B. Poldermaßnahmen, Grubenwassermanagement und Grundwasserreinigung, sowie endliche Aufgaben, sogenannt

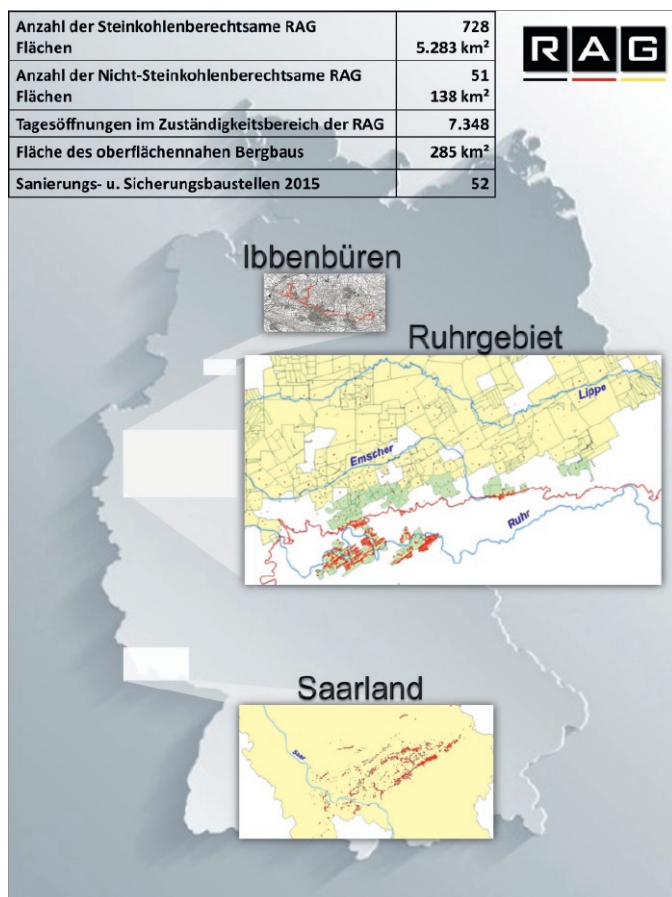


Fig. 1. Post-mining of RAG Aktiengesellschaft.
Bild 1. Altbergbau der RAG Aktiengesellschaft.

The processing of post-mining activities at RAG covers all, particularly risky situations resulting from mine workings of RAG, e.g. abandoned surface openings and near-surface mines.

It does not restrict the follow-up of abandoned mines to mining properties started since 1969, but includes all mining legacies in their area of responsibility, some of which are some centuries old. The immense workload of this scope requires a prioritized processing as well as optimized monitoring.

The present consequences of the post-mining activities in some densely populated regions like the Ruhr area – the closure of motorways, the restrictions in rail traffic and the evacuation of buildings – illustrate the significance of this topic. More than 7,000 abandoned surface openings within more than 700 RAG land easement and approximately 300 km² reviewed areas of near-surface mines demonstrate the scope of this task.

In order to finance the inherited liabilities after the end of production, RAG has made enough provisions and together with the RAG Foundation, which will ensure the financing of the long-term tasks as from 2019, will assume the responsibility resulting from the mining heritage. In the process, the company draws on its many years of experience and world-leading expertise in matters of post-mining activities.

Start and end point of each process in post-mining activities are the commercial – partly official – documents, the historical mine plans and their present, modern counterparts, database system and geographical information systems. Modern mining surveying has the task to bridge the arc between historical documents, recent

Altlasten, wie die Bearbeitung von Bergschäden, Abschlussbetriebsplanverfahren mit Rückbau von Betriebseinrichtungen und Rekultivierung sowie die Bearbeitung des Altbergbaus. Letzteres umfasst sämtliche, insbesondere risikobehaftete Gegebenheiten aus dem durch die RAG zu vertretenden Grubengebäude, z. B. den verlassenen Tagesöffnungen und dem tagesnahen Bergbau.

Dies ist nicht auf die seit dem Jahr 1969 aufgefahrene bergbaulichen Objekte beschränkt, sondern umfasst sämtliche im Verantwortungsbereich der RAG liegenden bergbaulichen Hinterlassenschaften des teils Jahrhunderte alten Bergbaus an Ruhr, Saar und in Ibbenbüren. Der Bearbeitungsumfang der Aufgabe erfordert eine priorisierte Bearbeitung und ein umfassendes Monitoring.

Sichtbare Folgen des Altbergbaus in dicht besiedelten Regionen wie dem Ruhrrevier – Sperrung von Autobahnen, Einschränkungen im Bahnverkehr, Räumung gefährdeter Gebäude – verdeutlichen die Bedeutung des Themas. Über 7.000 verlassene Tagesöffnungen innerhalb von mehr als 700 Berechtsamen der RAG und ca. 300 km² oberflächennahen Bergbaus zeugen vom Umfang dieser Aufgabe.

Die RAG hat zur Finanzierung der Altlasten nach Produktionsende ausreichende Rückstellungen gebildet und wird – wobei die RAG-Stiftung die Finanzierung der Ewigkeitsaufgaben ab dem Jahr 2019 sicherstellt – die Verantwortung aus dem Bergbauerbe wahrnehmen. Dabei greift das Unternehmen auf langjährige Erfahrungen und ein weltweit einzigartiges Know-how in Sachen Nachbergbau zurück.

Ausgangs- und Endpunkt einer jeden Bearbeitung im Altbergbau sind die gewerblichen – teils auch behördlichen – Unterlagen, die historischen Risswerke und deren heutige moderne Pendanten, Datenbank- und Geoinformationssysteme. Dem modernen Markscheidewesen fällt die Aufgabe zu, den Bogen zwischen historischen Unterlagen, aktuellen Erkenntnissen aus der Vermessung, der Geophysik und der Geotechnik, der Bergbau- und Bergschadenskunde, der Nutzung der Tagesoberfläche sowie den heutigen Anforderungen an Sicherheit, Umwelt- und Naturschutz zu spannen.

2 Risikomanagement im Altbergbau

Bereits seit Gründung der RAG unterliegen die tiefen Schächte einer kontinuierlichen, dem Stand der Wissenschaft und Technik folgenden Bearbeitung (1) hinsichtlich Sicherung und Überwachung. In Bezug auf den oberflächennahen Abbau erfolgte die Bearbeitung lange Zeit nur reaktiv, d. h. als Reaktion auf eingetretene Schadensereignisse wie z. B. Tagesbrüche. Seit etwa 2007 erfolgt bei der RAG die Bearbeitung der Altbergbaufolgen auch im Sinne eines präventiven Handelns.

Dies erforderte zunächst eine umfassende Auswertung sämtlicher zur Verfügung stehender risslichen und sonstigen Unterlagen. Thematisch umfasst diese geotechnisch-markscheiderische Analyse die Tagesöffnungen des Bergbaus (Schächte, Stollenmundlöcher etc.), das tagesnahe Grubengebäude (Abbaue, Stollen, Strecken, Kammern etc.), aber auch sonstige Themen wie abbauerursachte Spalten oder Naturgasaustritte.

Um die Handlungsfelder zielgerichtet bearbeiten zu können, wurde stufenweise ein Risikomanagement entwickelt. So wurde ein eng verzahntes System aus Prävention, Reaktion und Monito-

findings from surveys, geophysics and geotechnics, the mining and mining damage, the utilization of the surface as well as today's requirements for safety, environmental and natural protection.

2 Risk management in post-mining activities

Since the foundation of RAG, all deep shafts are subject to a continued management regarding protection and monitoring that complies with the state of science and technology (1). Relating to near-surface mining the management was reactive a long time that means the handling was a reaction after a damaging event, e.g. cave to the surface. Since 2007 the management of mining legacies take place at RAG also in terms of preventative action.

This requires a comprehensive screening of all the available documents and mine plans. The geotechnical, mine surveying analysis contains all former surface openings of the mines (shafts, adits entrances etc.), near-surface mining, strain zones/tectonic cracks and natural gas leak. A risk management was gradually developed in order to process the areas of activity in a targeted manner. Thus a closely linked system of prevention, response and monitoring was created. Risk is defined as follows (2):

- Risk = extent of damage x probability of occurrence.

With regard to the extent of damage, the focus is on human being, the probability of occurrence includes, in addition to the mining situation also other relevant issues.

2.1 Surface openings (adits and shafts)

By screening all available documents, especially the mine plans, all historical surface openings have been recorded and together with the large deep mining shafts been merged in a shaft register. These approximately 7,000 surface openings of RAG were prioritized under expert guidance according to a certified procedure (3). Parameters like influx, safeguarding state, gas emission, lining, cross section, depth of shaft, depth of rock line and use of the surface were included. Preventive processing of currently minimum 35 surface openings a year is carried out based on the order of prioritization.

2.2 Near-surface mining

Based on preliminary investigations in 2006, a system for prioritization of an approximately 300 km² large area of near-surface mining was developed by 2010 and certified. A meaningful allocation methodology had to be found as it is not a matter of 'point-like' (single) elements as with the surface openings.

Essential for the definition of individual areas reviewed is the extent of damage. Essential criterion is the type of the real surface utilization. The sensitivity of use is divided into four categories (Figure 2).

The probability of occurrence is shown in a generalized risk overview map. It shows theoretical risk areas along the seam outcrop. The width of the represented risk areas was calculated according to Hollmann/Nürnberg (5) or Rom/Nendza (6). These areas are divided into three categories, resulting from the probability of how mining was handled. The presentation includes also incidents/caves to the surface.

The division serves as pre-prioritization as the number of areas is too large for a timely detailed processing. Currently, more

ring geschaffen. Das Risiko definiert sich wie folgt (2):

- Risiko = Schadensausmaß x Eintrittswahrscheinlichkeit.

Beim Schadensausmaß steht besonders der Mensch im Fokus, die Eintrittswahrscheinlichkeit umfasst neben der bergbaulichen Situation auch die sonstigen relevanten Belange.

2.1 Tagesöffnungen (Stollen und Schächte)

Durch Sichtung sämtlicher zur Verfügung stehender Unterlagen, insbesondere der Risswerke, wurden auch die historischen Tagesöffnungen erfasst und mit den großen Tiefbauschächten in einem einheitlichen Schachtkataster zusammengeführt. Diese rd. 7.000 Tagesöffnungen der RAG wurden nach einem zertifizierten Verfahren unter gutachterlicher Begleitung priorisiert (3). Dabei gingen die Parameter Wasserzutritt, Sicherungszustand, Ausgasung, Ausbau, Querschnitt, Teufe des Schachtes, Teufe der Felslinie und Nutzung der Tagesoberfläche ein. Auf Basis der Priorisierungsreihenfolge erfolgt die präventive Sicherung von derzeit mindestens 35 Tagesöffnungen pro Jahr.

2.2 Oberflächennaher Bergbau

Ausgehend von Voruntersuchungen aus dem Jahr 2006 wurde bis zum Jahr 2010 in ähnlicher Weise ein System zur Priorisierung der ca. 300 km² großen Fläche des tages-/oberflächennahen Bergbaus entwickelt und zertifiziert. Da es sich hier nicht wie bei den Tagesöffnungen um „punktartige“ (Einzel-)Elemente handelt, musste eine sinnvolle Aufteilungsmethodik gefunden werden.

Ausschlaggebend für den Zuschnitt der einzelnen Betrachtungsflächen ist das Schadensausmaß. Wesentliches Kriterium ist die Art der realen Oberflächennutzung. Die Sensibilität der Nutzung wird in vier Klassen eingeteilt (Bild 2).

Die Eintrittswahrscheinlichkeit ergibt sich aus einer generalisierten Risikoübersichtskarte. Sie weist theoretische Gefährdungsbereiche entlang des Flözausgehenden aus. Die Breite der dargestellten Gefährdungsbereiche wurde nach Hollmann/Nürnberg (5) bzw. Rom/Nendza (6) berechnet. Diese Bereiche werden in drei Kategorien unterteilt, die sich aus der Wahrscheinlichkeit ergeben, mit welcher der Abbau umgegangen ist. Die Darstellung umfasst auch eingetretene Ereignisse/Tagesbrüche.

Diese Einteilung dient als Vorpriorisierung, da die Anzahl der Flächen für eine zeitnahe detaillierte Bearbeitung zu groß ist. Aktuell sind über 55.000 Einzelflächen vorpriorisiert, die größten Einzelflächen sind über 200 ha groß. Aufbauend auf der generalisierten Eintrittswahrscheinlichkeit und der damit verbundenen Lageunge nauigkeit erfolgt im zweiten Schritt eine exakte Differenzierung der



		Ausmaß eines eintretenden Schadens				
		Typ 1 = sehr hoch	Typ 2 = hoch	Typ 3 = klein	Typ 4 = unbedeutend	
Einstufung nach Abbauwahrscheinlichkeit	A	Abbau sehr wahrscheinlich	1.	3.	6.	9.
	B	Abbau wahrscheinlich	2.	5.	8.	11.
	C	Abbau wenig wahrscheinlich	4.	7.	10.	12.

Fig. 2. Overview of the 12 object classes of pre-prioritization (4).
Bild 2. Übersicht zu den 12 Objektklassen der Vorpriorisierung (4).

Krit.	Beschreibung	Krit.	Beschreibung
A	Art des Abbaus	L	Abbaukante
B	Einfallen der Lagerstätte	M	Wilder Abbau
C	Flözmächtigkeit	N	Pachtfeld
D	Bewertung Hollmann / Nürnberg und Rom / Nendza	O	Andere Gewinnungen
E	Quotient Gefährdungsbereich / Fläche	P	Kleinzeche
F	Anzahl Tagesbrüche	Q	Jahr des Abbaus
G	Gutachterbewertung Geologie	R	Einwirkungen Tiefenbergbau
H	Gutachterbewertung Bergbau	S / T	TÖB-Nr. bzw. Tagesöffnung vorhanden
I	Gutachterbewertung Nutzung	U	Anzahl der Flöze
J	Anzahl der bekannten TÖB	V	regional auffälliges Flöz
K	Art des Versatzes		

Fig. 3. Catalogue of criteria.

Bild 3. Kriterienkatalog.

than 55,000 individual areas are pre-prioritized, the largest individual areas are over 200 hectares in size. In the second step, an exact differentiation of the areas takes place based on the generalized probability of occurrence and the associated positional inaccuracy. Detailed recording is based on detailed mine plans and the inclusion of other relevant documents, for example terrain models, geological outcrops and maps.

In this research, a particular emphasis is placed on 21 different criteria (Figure 3) (7).

Existing surface openings and the influence of possible superimposed mine and geological objects are considered by way of the calculation system when determining the risk number. For this purpose, the criteria are grouped and from this various scenarios (Figure 4) the priority number is calculated. This priority number determines the order of processing; it is not a value for absolute risk.

The using of different scenarios offers the possibility to calibrate the weighting when calculating the priority number on the basis of events and therefore, in the long term, increase the forecast accuracy regardless of a possible and envisaged development of failure criteria (8).

Flächen. Basis der Feinerfassung sind eine detaillierte Risswerksrecherche und die Einbeziehung sonstiger relevanter Unterlagen, z. B. Geländemodelle, geologische Aufschlüsse und Karten.

In dieser Recherche wird ein besonderes Augenmerk auf 21 unterschiedliche Kriterien (Bild 3) gelegt (7).

Bei der Ermittlung des Risikos wird der Einfluss vorhandener Tagesöffnungen und eventuell sich überlagernder bergbaulicher und geologischer Objekte berücksichtigt. Dazu werden die Kriterien gruppiert und daraus verschiedene Szenarien berechnet (Bild 4). Aus den Ergebnissen der Szenarien wird dann die Prioritätszahl ermittelt. Sie bestimmt die Reihenfolge der Bearbeitung, ist also keine Zahl für das absolute Risiko.

Die Nutzung von verschiedenen Szenarien bietet die Möglichkeit, das jeweilige Gewicht bei der Berechnung der Prioritätszahl anhand von Ereignissen zu kalibrieren und somit langfristig die Prognosegenauigkeit unabhängig von einer möglichen und angestrebten Weiterentwicklung der Versagenskriterien zu steigern (8).

Die mit den laufenden Erkenntnissen aus dem Monitoring erweiterten Risikotabellen bilden die Grundlage der Reihenfolge in der Bearbeitung. Bei einer Erkundung und ggf. Sanierung werden sämtliche innerhalb der Fläche liegenden bergbaulichen Objekte bearbeitet und deren ggf. vorhandene Interaktion berücksichtigt (9, 10).

Neben den beschriebenen Handlungsfeldern im Altbergbau kommen noch regionalspezifische Besonderheiten, z. B. abbaubedingte Spaltenzonen oder Naturgasaustritte hinzu. Diese können analog zur hier beschriebenen Systematik in ein definiertes Risikomanagementsystem integriert werden.

3 Monitoring

Ein tragendes Element im Risikomanagement Altbergbau der RAG ist das Monitoring. Der Bearbeitungsumfang, faktische Zwänge vor Ort und mitunter auch die Unsicherheiten in den historischen Unterlagen lassen eine sofortige Sanierung aller Altbergbauflächen nicht zu. Für die unterschiedlichen Anforderungen wurden

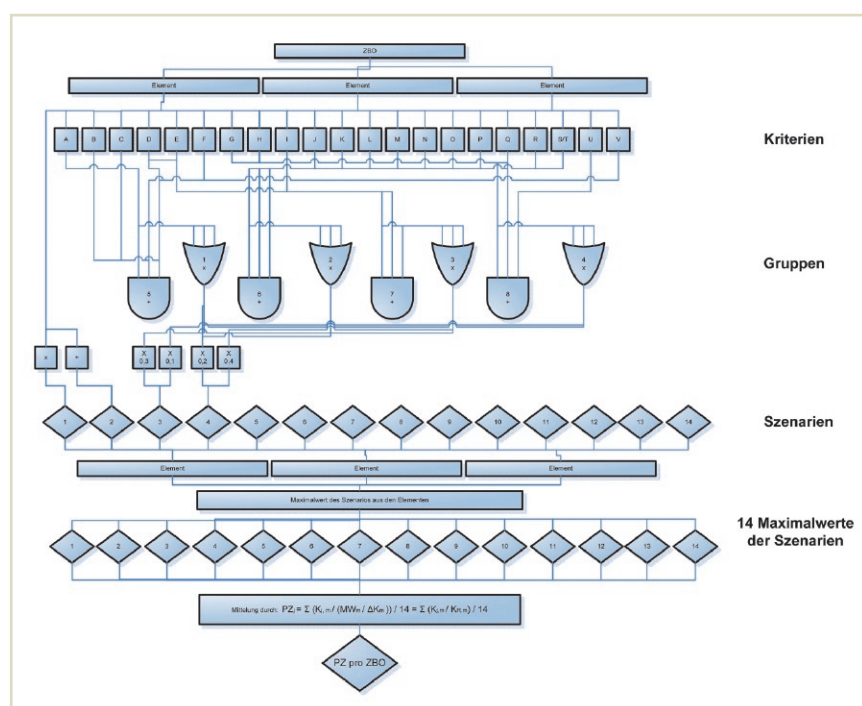


Fig. 4. Process diagram for the calculation of the priority number.

Bild 4. Ablaufschema für die Ermittlung der Prioritätszahl.

The risk tables extended with the current findings from the monitoring form the basis of the order of processing. During exploration and if necessary remediation all mining objects within the area are processed and their possible existing interaction is taken into account (9, 10).

In addition to the described areas of activity in post-mining, there are region specific features, e.g. tectonic cracks, fracture zones or natural gas leaks. These can be integrated similarly to the described scheme in a defined risk management system.

3 Monitoring

A fundamental element in the risk management of post-mining activities of RAG Aktiengesellschaft is the monitoring. The scope of processing, actual constraints on site and sometimes also the uncertainties in the historical documents do not allow an immediate remediation of all liabilities resulting from post-mining areas. Therefore, individual monitoring programmes for these areas were established for different requirements. The objectives of the monitoring are, among others, the observation and documentation of facts in regards to changes, the evaluation of observed facts and if necessary reactive adaption of the process up to immediate action (11).

The effectiveness of the monitoring can be seen in that the majority of facts, that led to the re-evaluation of risks, are based on findings in the context of the own monitoring even in the densely populated Ruhr area. All surface openings, fracture lines and natural gas leaks as well as the near-surface mining areas with highest priority are subject to a regulated and standardized monitoring.

Monitoring procedures used by the RAG are observation and measuring. Monitoring standard for surface openings is the inspection by expert staff with gas metering and determination of filling column to name a few. At present about 10,000 inspections per year are conducted to check mining objects. However, increasingly methods of remote sensing are employed in near-surface mining and the associated surface openings (12). Currently, terrestrial photogrammetry, the UAV- photogrammetry, the aero-photogrammetry in combination with airborne laser scanning (ALS) and radar satellite evaluation are used.

Using automated or semi-automated processes, this data is used to effectively control the inspection sequence and bring about a further risk reduction and more efficient deployment of staff.

Particularly sensitive objects can be subject to a (quasi) permanent monitoring, for example during remediation. In addition to the usual procedures of terrestrial surveying, also automated systems with alarming functions are deployed. RAG is currently examining the possible development of microcomputers and associated sensors.

The adaption of the monitoring of mining objects and areas, the integration and adaption of new systems, such as in satellite technology, will be a constant process of improvement to optimize the cost-/benefit ratio.

4 Exploration

The first step to manage a defined object in risk management is to verify the findings of the geotechnical – mine surveying analysis on site.

deshalb im Altbergbau individuelle Monitoringprogramme etabliert. Die Ziele des Monitorings sind u.a. die Beobachtung und die Dokumentation von Sachverhalten im Hinblick auf Veränderungen, die Bewertung der beobachteten Sachverhalte und die ggf. reaktive Anpassung des Prozesses bis hin zum sofortigen Handeln (11).

Die Effektivität des Monitorings zeigt sich daran, dass die Mehrzahl der Sachverhalte, die zur Neubewertung von Risiken führten, selbst im dicht besiedelten Ruhrgebiet auf Feststellungen im Rahmen des eigenen Monitorings basieren.

Alle Tagesöffnungen, abbaubedingte Spalten und Naturgasaustrittsstellen sowie der tagesnahe Bergbau unterliegen einem reglementierten und standardisierten Monitoring.

Als Monitoringverfahren kommen bei der RAG Beobachtungen und Messungen zur Anwendung. Als Monitoringstandard für Tagesöffnungen ist die Befahrung durch fachkundiges Personal mit Gasmessung und Füllsäulenbestimmung zu nennen. Derzeit werden noch etwa 10.000 Befahrungen pro Jahr zur Kontrolle bergbaulicher Objekte durchgeführt. Jedoch werden im oberflächennahen Bergbau und den damit verbundenen Tagesöffnungen auch zunehmend Verfahren der Fernerkundung eingesetzt (12). Aktuell werden die terrestrische Photogrammetrie, die UAV-Photogrammetrie, die Aero-Photogrammetrie in Kombination mit Airborne Laserscanning (ALS) und Radar-Satellitenauswertungen bei RAG genutzt.

Die gesammelten Daten werden über automatisierte bzw. teilautomatisierte Prozesse dazu verwendet, die Befahrungsreihenfolge effektiv zu steuern und damit eine weitere Risikominimierung und einen effizienteren Personaleinsatz herbeizuführen. Besonders sensible Objekte können z.B. während der Sanierung eine (quasi-)permanente Überwachung erfordern. Hierfür werden neben den üblichen Verfahren der terrestrischen Vermessung auch automatisierte Systeme mit Alarmierungsfunktionen eingesetzt. Die RAG prüft derzeit die Einsatzmöglichkeiten von Microcomputern und zugehörigen Sensoren.

Die Anpassung des Monitorings bergbaulicher Objekte und Flächen, die Integration und Adaption neuer technischer Systeme, z.B. in der Satellitentechnik, stellen einen kontinuierlichen Verbesserungsprozess zur Optimierung des Aufwand-/Nutzenverhältnisses dar.

4 Erkundung

Soll ein im Risikomanagement definiertes Objekt bearbeitet werden, gilt es zunächst, die Erkenntnisse aus der geotechnisch-markscheiderischen Analyse vor Ort zu verifizieren.

Die umfassende Erkundung der bergbaulichen Situation ist nötig, um gezielt, sicher, kostengünstig und möglichst umweltschonend eine Sanierung durchführen zu können. Der Faktor Zeit spielt für die betroffenen Menschen eine wesentliche Rolle, die Berücksichtigung von Umwelt-, Naturschutz und Arbeitssicherheit werden bei der Bearbeitung nicht außer Acht gelassen. Ziel der Erkundung ist die Verifizierung des recherchierten Gefährdungspotentials und eine daraus resultierende Ergänzung und ggf. Anpassung des Sicherheitskonzepts.

Regionale Besonderheiten, wie z.B. das in Nordrhein-Westfalen fehlende Ordnungsrecht für verlassene Grubenbaue, von denen keine konkrete Gefahr ausgeht, stellen neben den indivi-

The comprehensive exploration of the mining situation is required in order to perform targeted, safe, inexpensive and, if possible, environmentally friendly remediation measures. The factor 'time' plays an essential role for the affected people, the consideration of environmental protection, natural conservation and work safety should not be forgotten. The aim of the exploration is the verification of the researched risk potential and resulting addition and if necessary adaption of the safeguarding concept.

Regional characteristics, such as the regulatory law for abandoned mines which do not pose a concrete danger that is missing in North Rhine-Westphalia, does pose a high organizational responsibility for the company in addition to the individual requirements of the persons concerned.

Prior to exploration, appropriate permits are to be obtained from private individuals and authorities. These include, among others the consent of the property owner, the notification of drillings according to the Water Resources Act and an aerial photograph interpretation of the explosive ordnance removal service. Furthermore, the planned construction works are reported to the competent authorities, respectively presented for approval.

In the day-to-day business of post-mining, the direct exploratory procedures are the main tool for exploration. Classic excavator prospecting works, for example to verify the location of the shaft head and exploratory drilling for orienting of seams and determination of loosening zones or cavities form the backbone.

Complete rock layer information e.g. is provided by means of drill holes with the aim to identify the strike and dip of deposits as well as the exact seam position (Figure 5). The preparation of informative drill axis is usually realised by vertical drilling or drilling directed against inclined stratification. Subsequently, the detected seam areas are checked for near-surface mining up to a defined limited depth according to a predetermined scheme of drilling. In addition to targeted core-drilling operations, full crown rotary drilling operations with water flushing are performed.

The geological layer information in carbon ground takes place via the evaluation of the drilling cores or cuttings at the borehole top. In the event of decreasing resistance during drilling or occurrence of loss of flushing in the seam area it can be assumed that loose zones or cavities resulting from mining are present.

Following the extraction of the drilling equipment, a casing system is introduced in all bore holes in order to preserve the bore hole. These are either blank casing or the so-called collar casing which allow a gradual introduction of construction material slurry in the course of the remediation measures.

Since any mechanical intervention in the underground may result in a disruption of the temporary balance, the use of non-destructive exploration measures is an option that should not be ignored.

Indirect methods like seismic technology, ground radar or geo electric measurements can also be used in areas of post-mining activities (Figure 6). Although, at first glance the depth of penetration or the resolution of geophysical methods does not seem efficient enough for post-mining, a combination of several methods can provide sufficient results. Although they cannot replace the use of direct exploration activities, they deliver often information that enables the optimization of further exploration activities.



Fig. 5. Drilling operations during school hours.

Bild 5. Bohrarbeiten bei laufendem Schulbetrieb.

duellen Bedürfnissen der Betroffenen eine hohe organisatorische Verantwortung für das Unternehmen dar.

Vor Erkundungsbeginn sind entsprechende Genehmigungen bei Privatpersonen und Behörden einzuholen. Diese umfassen u. a. die Einverständniserklärung des Grundstückseigentümers, die Anzeige der Erdaufschlüsse nach Wasserhaushaltsgesetz (WHG) und eine Luftbildauswertung des Kampfmittelbeseitigungsdienstes. Des Weiteren wird die geplante Baumaßnahme bei der zuständigen Bergbehörde angezeigt bzw. zur Genehmigung vorgelegt.

Im Tagesgeschäft Altbergbau sind die direkten Erkundungsverfahren das Hauptwerkzeug zur Erkundung. Klassische Baggerschürfe, z. B. zur Verifizierung der Lage eines Schachtkopfes und Erkundungsbohrungen zur Orientierung der Flöze und Feststellung von Auflockerungsbereichen oder Hohlräumen, bilden das Rückgrat.

Mittels Bohrungen wird z. B. ein lückenloser Gebirgsschichtenaufschluss mit dem Ziel erstellt, das Streichen und Einfallen der Lagerstätte sowie die genaue Flözlage zu ermitteln (Bild 5). Die Erstellung der Aufschlussbohrachsen erfolgt im Regelfall über senkrechte bzw. gegen das Schichteinfallen gerichtete Bohrungen. Anschließend werden die ermittelten Flözflächen bis zu einer definierten Grenzteufe nach einem vorgegebenen Bohrschema auf tagesnahe Abbautätigkeiten überprüft. Neben zielgerichteten Kernbohrungen werden Vollkronendrehbohrungen mit Wasserspülung durchgeführt.

Die Schichtenansprache im Karbongebirge erfolgt über die Auswertung der Bohrkerne oder das am Bohrlochmund austretende Bohr- und Spülgut. Bei nachlassendem Bohrwiderstand bzw. bei Auftreten von Spülverlusten in der Flözfläche ist von bergbaulichen Lockerzonen oder Hohlräumen auszugehen.

Nach Ausbau des Bohrgestänges wird in alle Bohrungen eine Verrohrung zum Erhalt des Bohrlochs eingeführt. Dabei handelt es sich entweder um Vollrohre oder um sogenannte Manschettenrohre, die ein stufenweises Einbringen von Baustoffsuspension im Zuge der Sanierung ermöglichen.

Da jeder Eingriff in den Untergrund eine Störung des temporären Gleichgewichts nach sich ziehen kann, ist der Einsatz von zerstörungsfreien Erkundungsmaßnahmen eine wichtige Option.

Indirekte Verfahren wie Seismik, Georadar oder Geoelektrik kommen auch bei flächigen Aufgabenstellungen wie dem oberflächennahen Bergbau zur Anwendung (Bild 6). Obwohl aufgrund

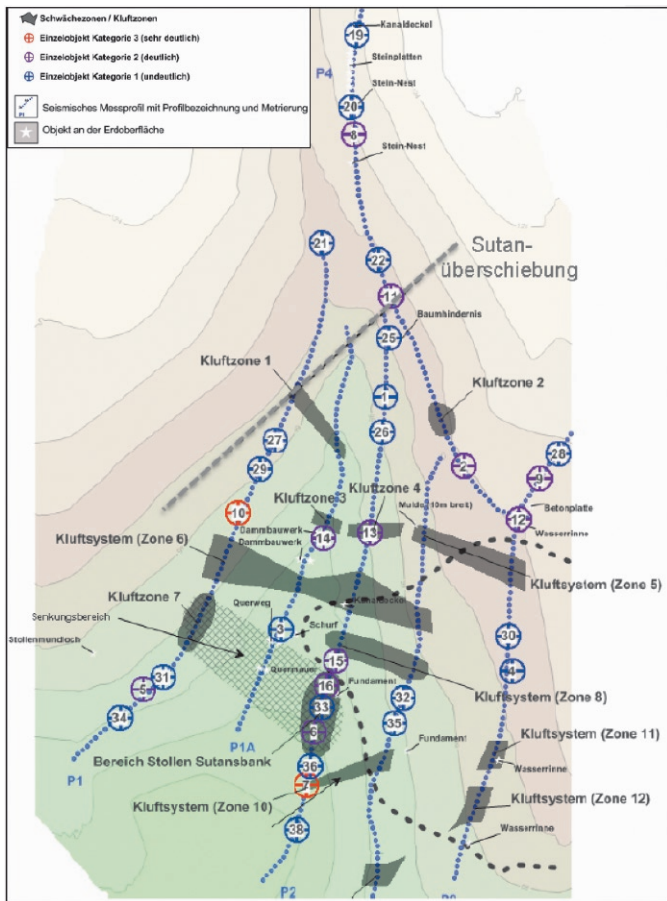


Fig. 6. Geophysics of RAG Aktiengesellschaft.
Bild 6. Geophysik bei der RAG Aktiengesellschaft.
Source/Quelle: DMT GmbH & Co. KG

5 Remediation

Remediation objectives are set for the mining object or the area affected by the post-mining subject to the findings of the exploration. Usually, the most extensive contraction freedom at buildings or the safeguarding against caves to the surface in other areas is required to defend against danger to life. In some cases, further conditions, such as water or natural gas are to be taken into account.

RAG's methods of remediation of post-mining activities with regard to stability on the surface can be roughly divided into three classes:

1. the constructional safeguarding of deep shafts by means of cohesive (partial) filling columns or statically defined covers – partly with internal reinforced support;
2. the geotechnical filling of cavities with construction material and
3. the safeguarding against caves to the surface by strengthening/preparation of a roof or the installation of a geogrid.

Since the remediation of deep shafts of RAG will be completed in the next few years, the focus is currently on the optimization of the latter procedure.

In addition to the exploration and remediation measures, the construction supervision represents an important aspect in the construction process. It aims at the protection of the site, the

der Eindringtiefe bzw. der Auflösung solcher geophysikalischer Verfahren diese für den Altbergbau auf den ersten Blick oft nicht effizient genug erscheinen, kann eine Kombination mehrerer Verfahren hinreichende Ergebnisse liefern. Wenn sie den Einsatz direkter Erkundungsmaßnahmen auch nicht ersetzen können, liefern sie doch oft Informationen, die eine Optimierung der weiteren Erkundungsmaßnahmen ermöglichen.

5 Sanierung

In Abhängigkeit von den Erkenntnissen aus der Erkundung werden für das bergbauliche Objekt oder die vom Altbergbau betroffene Fläche Sanierungsziele festgelegt. In der Regel ist zur Abwehr von Gefahren für Leib und Leben die Setzungsfreiheit bei Bauwerken oder die Sicherung gegen Tagesbrüche bei sonstigen Flächen erforderlich. Im Einzelfall sind weitere Gegebenheiten, z. B. Wasser oder Naturgas, zu berücksichtigen.

Die Methoden einer altbergbaulichen Sanierung bezüglich der Standsicherheit der Tagesoberfläche bei der RAG kann man grob in drei Klassen unterteilen:

1. die bautechnische Sicherung von tiefen Schächten mittels kohäsiver (Teil-)Füllsäulen oder statisch bestimmter Abdeckplatten – teils mit innenliegender Ausbaustärkung,
2. das geotechnische Verfüllen von Hohlräumen mittels Baustoff und
3. die Sicherung gegen Tagesbrüche durch das Ertüchtigen/Herstellen einer Schweben oder den Einbau eines Geogitters.

Da die Sanierung der tiefen Schächte bei der RAG in den nächsten Jahren abgeschlossen sein wird, richtet sich das Augenmerk zunehmend auf die Optimierung der letztgenannten Verfahren.

Neben den eigentlichen Erkundungs- und Sanierungsarbeiten stellt die Bauüberwachung einen wichtigen Aspekt im Bauablauf dar. Sie ist auf die Baustellensicherheit, den Schutz von Bestandsgebäuden/-leitungen, die Güteüberwachung des eingesetzten Baustoffs und die Belange des Natur- und Umweltschutzes ausgerichtet. Insbesondere bei großen, längerfristigen Maßnahmen haben sich Bürgersprechstunden und Informationsveranstaltungen zur Berücksichtigung der Belange der Anwohner bewährt.

Während der Erkundungs- und Sanierungsarbeiten im Bereich einer bestehenden Bebauung wird diese in der Regel geodätisch überwacht. Dies kann beispielsweise über klassische periodische Lage- oder Höhenmessungen erfolgen, bei sensiblen Objekten oder einem hohen Bewegungsrisiko kann die Installation kontinuierlicher Messeinrichtungen erforderlich sein. Diese Systeme können Web-technisch fernüberwacht werden, im Ereignisfall erfolgt eine Meldung via SMS und E-Mail nach einem definierten Alarm- und Gefahrenabwehrplan.

Nach Abschluss einer Sanierungsmaßnahme erhält der Eigentümer des Grundstücks einen Nachweis über die durchgeführten Arbeiten und den Sanierungserfolg.

6 Organisation

Die RAG hat gemeinsam mit Ihrer Tochtergesellschaft RAG Montan Immobilien GmbH, Essen, aktuell mehr als 60 Mitarbeiter mit der Bearbeitung des Altbergbaus betraut. Außerdem werden

protection of existing buildings/pipes/lines, the quality control of construction material used, concerns regarding nature conservation and environmental protection. Regular citizens consultations and information sessions have proven their worth, particularly during large and long-term measures.

During exploration and remediation work beneath an existing building, this building is geodetically monitored. This can, for example, take place via a classical periodic levelling, for sensitive objects or in case of a high movement risk, the installation of a continuous measuring. These systems can be web technically monitored remotely, in case of an event, a text message and e-mail in accordance with a defined alarm and hazard prevention plan is sent.

After completion of the remediation, the land owner receives proof of the work carried out and the remediation success.

6 Organisation

RAG together with its subsidiary RAG Montan Immobilien GmbH, Essen, currently has more than 60 employees to manage post-mining activities. In addition to its own employees, subcontractors are contracted for operational safety, exploration and monitoring.

Ongoing improvement of risk management is an essential component of mine surveying management of post-mining activities. RAG wants to explore pro-actively significantly more risks per year and possibly perform remediation measures than occur in a calendar year.

In the long term, the number of urgent events like caves to the surface will fall due to the chosen approach, especially in the areas with sensitive utilization. Even despite utmost attention it is not possible to avoid such events in the long term. A stand-by service which is available permanent ensures immediate and competent management in acute cases. A free phone number and a contact form on the website of RAG are available to citizens to make contact. All processes are continuously optimized and monitored by the ISO 9001 certified 'Quality Management in Post-Mining activities'.

In addition to the challenges for know-how of employees, the requirements for IT-resources especially will increase. Already, the yearly increase of expected data of more than 100 terabytes which is expected to rise by using remote sensing, poses highest demands on the technical equipment and organization. In contrast, the management of over 200,000 scanned and georeferenced plans and over 500,000 scanned files in the context of post-mining activities of RAG seem negligible with regard to the data volume, however, they are the central element in the assessment of the post-mining activities of RAG.

Nachunternehmer nach Bedarf mit der Erkundung, der operativen Sicherung oder der Überwachung beauftragt.

Die permanente Verbesserung des Risikomanagements ist ein wesentlicher Bestandteil der markscheiderischen Bearbeitung im Altbergbau. Ziel der RAG ist es, jährlich deutlich mehr Risiken proaktiv zu erkunden und ggf. zu sanieren, als in einem Kalenderjahr eintreten.

Langfristig wird durch den gewählten Ansatz die Anzahl der Akutereignisse wie Tagesbrüche sinken, besonders in den Bereichen mit einer sensiblen Nutzung. Trotz größtmöglicher Aufmerksamkeit lassen sich solche Ereignisse aber auch langfristig nicht völlig vermeiden. Eine permanente Rufbereitschaft gewährleistet im Akutfall eine sofortige, kompetente Bearbeitung. Dem Bürger stehen zur Kontaktaufnahme zusätzlich eine kostenfreie Rufnummer und ein Kontaktformular auf der Website der RAG zur Verfügung. Alle Prozesse werden stetig optimiert und durch das nach ISO 9001 zertifizierte „Qualitätsmanagement im Altbergbau“ überwacht.

Neben den Herausforderungen an das Know-how der Mitarbeiter werden auch die Anforderungen insbesondere an die IT-Ressourcen steigen. Allein der bei Einsatz von Fernerkundungsmaßnahmen zu erwartende jährliche Datenzuwachs von ca. 100 Terabyte stellt neue Anforderungen an die technische Ausstattung und IT-Organisation. Die Verwaltung über 200.000 gescannter und georeferenzierter Risse und über 500.000 gescannter Akten im Umfeld des Altbergbaus der RAG scheinen demgegenüber von der Datenmenge vernachlässigbar, sind jedoch das zentrale Element bei der markscheiderischen Bearbeitung im Bereich des Altbergbaus der RAG.

7 Conclusion

For RAG accepting responsibility also means taking care of the mining legacies comprehensive and sustainable, even beyond the expiry of hard coal production at the end of 2018. The RAG has the necessary human and financial resources.

The holding of mines provides the legal basis, the mine plans are often the only technical documentation of mining activities over the centuries. Security to avoid personal injury has thereby, as well as the protection of the environment and nature, the highest priority.

The scope of the tasks in post-mining requires a modern, integrated risk management to review and prioritized execution of mining risks. New technical ways are to examine and to go in order to optimize the use of existing human and technical resources continuously. All processes are subject to an externally certified quality management according to ISO9001.

Without the open and close coordination with the parties concerned, the authorities and with politics it is not possible to reach the aims of a sustainable management of the topic of post-mining activities.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Scherbeck, R.; Barciaga, T.; König, D.; Wollnik, F.; Schanz, T.: Neue Untersuchungen zum Systemverhalten von Lockermassenfüllsäulen alter Tiefbauschächte. *Geotechnik* 36 2013, Nr. 4, S. 218–230.
- (2) Arbeitskreis 4.6 „Altbergbau“ der Fachsektion Ingenieurgeologie in der DGGT, Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. – DGGT, Deutscher Markscheider-Verein e.V. - DMV (2004) Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ Essen/Herne 2004. Veröffentlicht auf dem 4. Altbergbaukolloquium (04.-06.11.2004) in Leoben, Österreich.
- (3) Ingenieurbüro Dr.-Ing. Michael Clostermann Markscheiderisch-Geotechnisches Consulting, Clostermann, M.: Handbuch zur Festlegung der Sanierungspriorität (von Tagesöffnungen im Zuständigkeitsbereich der RAG Aktiengesellschaft, 2010, unveröffentlicht.
- (4) Drobniowski, M.; Telenga, K.: Präventive Bearbeitung der Tagesbruchgefahr aus oberflächennahem Bergbau der RAG. In: Sroka, A. (Hrsg.): Schriftenreihe des Institutes für Markscheidewesen und Geodäsie an der Technischen Universität Bergakademie Freiberg, 12. Geokinematischer Tag, Freiberg, Deutschland, 2011. Essen: VGE Verlag GmbH, S. 221–226.
- (5) Hollmann, F.; Nürenberg, R.: Der „tagesnahe Bergbau“ als technisches Problem bei der Durchführung von Baumaßnahmen im Niederrheinisch-Westfälischen Steinkohlengebiet. *Mitteilungen der Westfälischen Berggewerkschaftskasse WBK* (Hrsg.), Heft 30, Bochum 1972.
- (6) Nendza, H., Rom H. und Folz, H.-E.: Bauliche Nutzung bergbaubetroffener Gebiete des Saarlandes, Forschungsauftr. BMBau 1973, ST II 4-70 41 02-6 (Technischer Teil), Bundesmin. f. Raumordnung, Bauwesen u. Städtebau, Bonn - Bad Godesberg.
- (7) Telenga, K.; Stelzner, S.; Drobniowski, M.; Scherbeck, R.: Projektmanagement im Altbergbau der RAG Aktiengesellschaft. In: Meier, G.; Sroka, A.; Löbel, K.-H.; Klapperich, H.; Tondera, D.; Busch, W. (Hrsg.): 13. Altbergbaukolloquium, Freiberg, Deutschland, 2013, S. 41–54.

7 Fazit

Verantwortung zu übernehmen, bedeutet für die RAG, sich um die durch sie zu vertretenden bergbaulichen Hinterlassenschaften umfassend und nachhaltig zu kümmern, auch nach der Einstellung der Steinkohlenförderung zum Jahresende 2018. Die RAG hat die dafür notwendigen personellen und finanziellen Ressourcen.

Das Bergwerkseigentum stellt hierfür die rechtliche Grundlage dar, die markscheiderischen Risswerke sind oftmals die einzige technische Dokumentation der jahrhundertelangen bergbaulichen Tätigkeit. Gefahrenabwehr zur Vermeidung von Personenschäden hat ebenso wie der Schutz von Umwelt und Natur höchste Priorität.

Der Umfang der Aufgaben im Altbergbau erfordert ein modernes, integriertes Risikomanagement zur Bewertung und priorisierten Abarbeitung der bergbaulichen Risiken. Neue technische Wege sind zu prüfen und zu beschreiten, um den Einsatz vorhandener personeller und technischer Ressourcen kontinuierlich zu optimieren. Alle Prozesse unterliegen einem extern zertifizierten Qualitätsmanagement nach ISO 9001.

Ohne die offene und enge Abstimmung mit den Betroffenen, den Behörden und der Politik sind die Ziele eines nachhaltigen Umgangs mit dem Thema Altbergbau nicht zu erreichen.

- (8) Scherbeck, R.: Risiko-Management im Altbergbau der RAG, Priorisierung der Objekte im tagesnahen Einflussbereich (Ranking). TABERG Ingenieure GmbH, 2014, 33 Seiten, unveröffentlichte Dokumentation.
- (9) Koschare, A., Telenga, K., Schliebs, J., Mittrach, J.: „Abbau/Schacht/Strecke/Oberflächennutzung/...“ Die Bedeutung der ganzheitlichen Betrachtung bei der Analyse, Planung und Ausführung im Risikomanagement Altbergbau der RAG Aktiengesellschaft am praktischen Beispiel. In: Meier, G.; Klapperich, H.; Tondera, D.; Sroka, A.; Löbel, K.-H.; Busch, W.; Mayer, G. (Hrsg.): 15. Altbergbaukolloquium, Freiberg, Deutschland, 2015, S. 189–201.
- (10) Koschare, A., Telenga, K., Schliebs, J., Mittrach, J.: Ganzheitliche Betrachtung bei Analyse, Planung und Ausführung von Sanierungen – Risikomanagement im Altbergbau. BHM Berg- und Hüttenmännische Monatshefte, 2016, 161(4), S. 164-172, DOI 10.1007/s00501-016-0470-x.
- (11) Hager, S., Wollnik, F.: Monitoring im Altbergbau der RAG Aktiengesellschaft. In: Meier, G.; Sroka, A.; Löbel, K.-H.; Klapperich, H.; Tondera, D.; Busch, W. (Hrsg.): 14. Altbergbaukolloquium, Gelsenkirchen, Deutschland, 2014, S.349-357.
- (12) Spreckels, V., Schlienke, A., Greiwe, A., Eberhardt, L.: Eignung von ALS, Aero- und UAV-Photogrammetrie zur Früherkennung und Erfassung von Tagesbrüchen, DGPF, 2016, Band 25.

Authors / Autoren

Dipl.-Ing. Stefan Hager,
Leiter Servicebereich Standort- und Geodienste, und
Dipl.-Ing. Frank Wollnik,
Abteilungsleiter Altbergbau/markscheiderische Bearbeitung im Servicebereich Standort- und Geodienste der RAG Aktiengesellschaft, Herne