

Abandoned Mine Workings in Western USA – Legal, Organisational and Technical Challenges

There is an old saying that “mining is not a one-man operation”. This is borne out by the ongoing dialogue that is needed across the disciplines to manage the environmental issues associated with the mining life cycle at a local and wider level. Given the global

nature of the mining industry we now need to develop a productive outcome by looking beyond national boundaries in order to gain a deeper understanding of the challenges that are facing countries other than our own.

Altbergbau im Westen der USA – rechtliche, organisatorische und technische Herausforderungen

Im Sinne des bekannten Slogans „Bergbau ist nicht eines Mannes Sache“ erfordert die umwelt- und umfeldverträgliche Organisation des bergbaulichen Lebenszyklus einen beständigen transdisziplinären Dialog. In Anbetracht der globalen Ausrichtung des

Bergbaus ist der Blick über die nationalen Grenzen hinaus zur Vertiefung des Verständnisses über die Herausforderungen, vor denen andere Länder stehen, unerlässlich und produktiv.

Introduction

Dealing with the legacies of the mining industry is a task that varies enormously according to location and regional specifics will always have a huge role to play. The ISO is currently working on a new standard headed “Managing Mining Legacies” that is aimed at standardising the global approach to the inherited liabilities of the mining industry by laying down minimum requirements and ensuring real transparency. The contents of the new standard will be available for discussion in more detail once its final revision has been completed. It should be noted at this point that in 2020 the second-named author of this paper was appointed chairman of the DIN Mirror Committee on Post-Mining.

Tackling the challenges posed by abandoned mine workings and the post-mining era in a targeted and cost-effective manner calls for a level of expertise that in many respects can only be provided by ongoing exchange between scientists and practitioners from every corner of the globe. It is against this background that the writers of this paper have used a research residence completed by the first-named author at the Research Center of Post-Mining (FZN) at TH Georg Agricola University (THGA), Bochum/Germany, in order to further expand on this theme.

The USA (see map extract) can look back on a long history when it comes to the mining and extraction of raw materials. It may be assumed that in the western part of the country mineral resources such as turquoise, coal and clay were already being mined

Einleitung

Der Umgang mit bergbaulichen Hinterlassenschaften ist weltweit betrachtet sehr unterschiedlich und durch erhebliche regionale Besonderheiten bestimmt. Aktuell wird auf der ISO-Ebene ein neuer Standard mit dem Titel „Managing Mining Legacies“ (Umgang mit den Hinterlassenschaften des Bergbaus) erarbeitet, der eine Vereinheitlichung der globalen Herangehensweise an Altlasten des Bergbaus durch die Festsetzung von Mindestanforderungen und die Schaffung von Transparenz anstrebt. Nach finaler Bearbeitung des Standards wird hierüber zu berichten sein. An dieser Stelle sei vermerkt, dass der zweitgenannte Autor dieses Beitrags im Jahr 2020 zum Obmann des DIN-Spiegelausschuss „Nachbergbau“ benannt wurde.

Die zielgerichtete und kostenverträgliche Bearbeitung der Herausforderungen des Alt- und Nachbergbaus setzt eine erhebliche Expertise voraus, die sich u. a. durch einen beständigen Austausch von Wissenschaftlern und Praktikern aus allen Teilen der Welt generiert. Vor diesem Hintergrund haben die beiden Verfasser dieses Beitrags einen Forschungsaufenthalt des erstgenannten Autors am Forschungszentrum Nachbergbau (FZN) der Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum, genutzt, um die Thematik zu bearbeiten.

Die USA (Kartenausschnitt) blicken hinsichtlich der Gewinnung von Rohstoffen auf eine lange Bergbaugeschichte zurück. So geht man davon aus, dass im Westen der USA bereits 1.000 Jahre vor unserer Zeit Bodenschätze wie Türkis, Kohle und Ton abgebaut

a thousand or more years ago. Indeed the indigenous peoples were mining copper even before the Spanish conquerors appeared in the region in the 16th century. The arrival of the Spanish also led to an upturn in mining activity (1, 2).

The extraction of natural resources on an industrial scale only commenced after the Mexican-American War of the 1840s. At this point the focus was on metal resources, such as gold, silver and copper, and on coal and iron for the fast-developing railway network. These long-forgotten mining activities have left behind a legacy that for many years has posed a significant risk for the environment and for public safety and security in certain regions of the country. In fact cases are being reported even today of people being fatally injured as a result of falling into abandoned mine shafts and unprotected mine workings.

In 2013 the U.S. Department of the Interior (DOI), as represented by the Bureau of Land Management (BLM), responded to this situation by adopting the Abandoned Mine Lands (AML) programme (3) whose aim was to increase public safety around abandoned mine workings in western USA and also to eliminate, or at least to minimise, the impact of former mining activities on water, air and soil quality. The Office of Surface Mining, which operates within the DOI, has also developed a programme to manage abandoned open-pit workings that have been left by the hard coal mining industry (4).

Abandoned mine workings in western USA

The AML operated by the BLM covers the eleven western U.S. States of Alaska, Arizona, Colorado, Idaho, California, Montana, Nevada, New Mexico, Oregon, Utah, and Washington (Figure 1). In these States mining permits for operations on public lands have always been issued by the BLM. For the eleven western U.S. States the BLM maintains a number of cadasters or registers that record all the abandoned mining sites that exist on public lands, these

wurden. Noch bevor die spanischen Eroberer im 16. Jahrhundert in die Region kamen, gewannen die Ureinwohner Kupfer. Mit dem Eintreffen der Spanier verstärkte sich die bergbauliche Aktivität (1, 2).

Eine nennenswerte bzw. industrielle Gewinnung von Bodenschätzen begann nach dem amerikanisch-mexikanischen Krieg in den 1840er Jahren. Dabei standen metallische Rohstoffe wie Gold, Silber und Kupfer sowie Kohle und Eisen für die Entwicklung des Eisenbahnnetzes im Fokus. Die bergbaulichen Tätigkeiten der Vergangenheit haben altbergbauliche Hinterlassenschaften generiert, die seit Jahrzehnten in bestimmten Regionen der USA z. T. erhebliche Gefahren für die öffentliche Sicherheit und die Umwelt darstellen. Tatsächlich kommt es auch heute immer wieder zu Unfällen von Personen, die in alten und offenen Schächten oder ungesicherten Grubenbauen tödlich verunglücken.

Vor diesem Hintergrund hat das Innenministerium der USA (U.S. Department of the Interior, DOI), vertreten durch das Bureau of Land Management (BLM), im Jahr 2013 das sogenannte Abandoned Mine Lands (AML) Programm verabschiedet (3). Dieses Programm soll im Westen der USA die öffentliche Sicherheit der verlassenen Altbergwerke erhöhen sowie die Einflüsse früherer bergbaulicher Tätigkeiten auf Wasser-, Luft- und Bodenqualität beseitigen oder zumindest reduzieren. Innerhalb des DOI hat das Office of Surface Mining ein Programm für stillgelegte Tagebaue des Steinkohlenbergbaus entwickelt (4).

Altbergbau im Westen der USA

Das AML des BLM umfasst im Westen der USA die elf Bundesstaaten Alaska, Arizona, Colorado, Idaho, Kalifornien, Montana, Nevada, New Mexico, Oregon, Utah, und Washington (Bild 1). In diesen Staaten wurden und werden Bergbauberechtigungen auf bundesstaatlichem Grundeigentum, sogenannte public lands, vom BLM vergeben. Das BLM erfasst für die elf westlichen Bundesstaaten in verschiedenen Katastern die stillgelegten bergbaulichen Betriebe auf public lands, also Grundeigentum der USA. Dabei handelt es sich überwiegend um Erzbergwerke im Festgestein.

In den übrigen Staaten ist der Metallergbergbau vorwiegend an das Grundeigentum gekoppelt, sodass bergbauliche Altlasten generell nicht in bundesstaatlichen Katastern erfasst werden.

Die Standorte von Tausenden von Altbergwerken konzentrieren sich wesentlich in den Bergregionen der Rocky Mountains, also in den Weststaaten, sowie in den Appalachen im Osten der USA (Bild 1).

Eine graphische Übersicht über die im BLM geführten Altbetriebe zeigt Bild 2. Im Jahr 2017 umfasste der BLM-Nachweis in den Weststaaten der USA etwa 52.300 Standorte mit 97.900 Einzelmerkmalen, wie z. B. Schächten, Stollenmundlöchern, Tagesbrüchen, Wasseraustritten, Resten von Aufbereitungs- und Tagesanlagen sowie Bergehalden (5). Das BLM gibt an, dass erst etwa

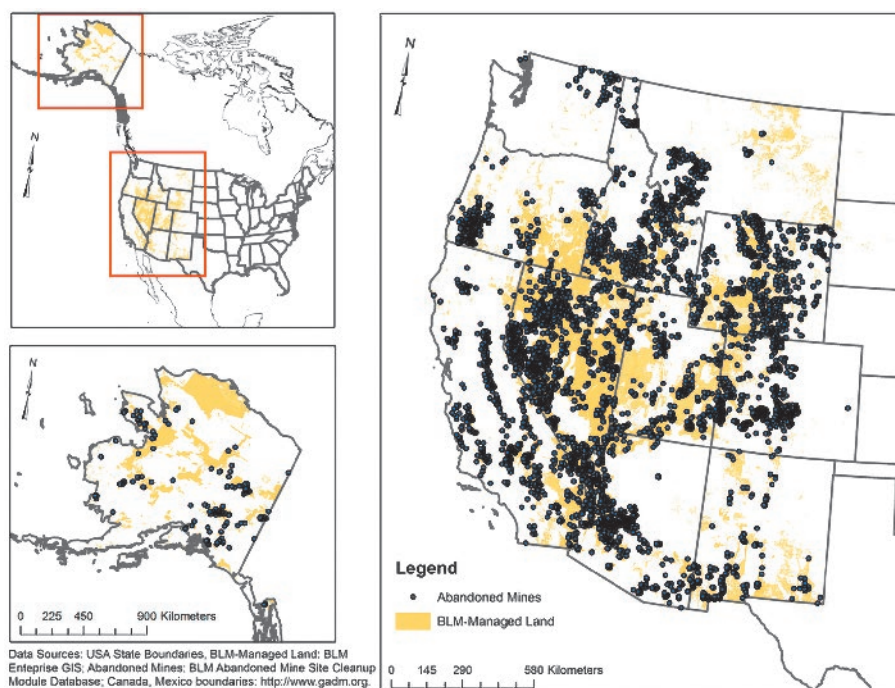


Fig. 1. Abandoned mine sites in the USA (5).

Bild 1. Stillgelegte Metallergbergwerke in den USA (5).

being the property of the USA. Most of these consist of old ore mines in solid bedrock.

In the other States metal ore mining is mainly associated with freehold property and so mining liabilities of this kind are not generally accounted for in State-managed registers.

There is a general concentration of thousands of old mine sites in the mining regions of the Rocky Mountains in the western States and also in the Appalachians to the east of the country (Figure 1).

Figure 2 presents a graphical overview of the abandoned mine sites that are managed by the BLM. By 2017 the BLM had identified some 52,300 sites in the western States of the USA, this representing a total of 97,900 attributes such as mine shafts, adit entrances, surface cave-ins, water outlets, spoil tips and the remains of mineral processing and surface facilities (5). The BLM has stated that only about 20% of these sites have been remediated or secured in such a way that no further stabilisation or recultivation measures are required (these sites are assigned to the categories "Action Completed" and "No Action"). The remaining 80%, which represents more than 40,000 abandoned mining sites, are in need of further investigation or are presently in various stages of restoration ("Maintenance and Monitoring", "In Progress", "Final Closeout" and "Planned"). A stocktaking exercise is required at more than 36,000 of the sites ("Needs Analysis") before any further decisions can be taken. The data held in the AML Site and Attributes Inventory are provisional in nature and are currently being updated. In addition to the BLM registers there are also similar records held by the individual States which in some cases also include abandoned mine workings on private and on government-owned property. This often results in contradictory or disputed case numbers.

Legal situation

In the USA the BLM now grants mining permits for government-owned property by way of public auction. This also applies to licences for the extraction of oil and gas. In addition to federal lands there are also many areas that are in the ownership of individual States, local counties, community authorities and private companies. Particularly worth mentioning in the last-named group are the railroad companies that in the 19th century were given land by the national government in order to develop their railway network. These "Land Grants" take the form of areas each measuring one mile square (about 259 ha) that were assigned to the railroad companies in blocks measuring 20 to 50 miles in length (32 to 80 km) and interchangeably to the right and left of the railway track.

Because of the multi-layered terms of reference of the various bodies involved the circumstances that apply tend to be very inconsistent from a mining legislation point of view and mine operators are required to obtain official permits from a number of different authorities. In addition to those agencies that grant licences for exploiting the deposits there are various other bodies with responsibilities in this area, e.g.:

- State and Federal Environmental Protection Agencies (EPA), particularly for the control of dust emissions;
- the U.S. Army Corps of Engineers (USACE), which is responsible for waterways, receiving waters and dams;

AML Site Status - January 5, 2017
52,381 sites

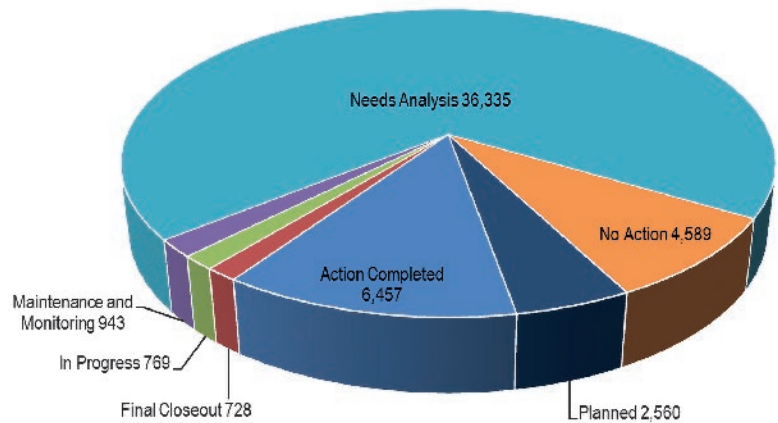


Fig. 2. Abandoned mine workings in western USA according to status. Total number of abandoned sites 52,381 (incomplete), as at 2017 (5).
Bild 2. Altbergwerke im Westen der USA nach Status. Gesamtzahl der erfassten Altbergwerke 52.381 (unvollständig), Stand 2017 (5).

20% der Standorte saniert oder so abgesichert wurden, dass keine weiteren Sicherungs- oder Rekultivierungsmaßnahmen erforderlich sind (Kategorien „Action Completed“ und „No Action“). Die restlichen 80%, also mehr als 40.000 Altlasten, erfordern weitere Untersuchungen oder befinden sich in verschiedenen Stadien der Sanierung („Maintenance and Monitoring“, „In Progress“, „Final Closeout“ sowie „Planned“). In über 36.000 Standorten ist zunächst eine Bestandsaufnahme erforderlich („Needs Analysis“), bevor weitere Entscheidungen getroffen werden können. Die Daten des AML-Standort- und Merkmalsinventars sind vorläufig und werden laufend aktualisiert. Neben den Katastern des BLM führen die einzelnen Bundesstaaten ihre eigenen Kataster, die z. T. auch Altlasten auf privatem und staatlichem Grundeigentum einschließen. Hierdurch ergeben sich häufig widersprüchlich erscheinende Fallzahlen.

Bergrechtliche Lage

Das BLM vergibt in den USA Bergbauberechtigungen auf bundeseigenem Grund heute im Rahmen von öffentlichen Versteigerungen. Dies schließt auch Berechtigungen zum Abbau von Erdöl und Erdgas ein. Neben bundeseigenen gibt es noch eine Vielzahl von Flächen, die den Einzelstaaten, örtlichen Regierungsbezirken (Counties), Kommunen und privaten Gesellschaften gehören. Aus der letztgenannten Gruppe sind insbesondere die Eisenbahngesellschaften hervorzuheben, die im 19. Jahrhundert vom Staat Land erhielten, um ihr Schienennetz aufzubauen. Diese „Land Grants“ sind Flächen von jeweils einer Quadratmeile (ca. 259 ha), die den Eisenbahngesellschaften in Blöcken von 20 bis 50 Meilen Länge (32 bis 80 km) abwechselnd auf der rechten und linken Schienenseite zugeteilt wurden.

Aufgrund der vielschichtigen Behördenzuständigkeit sind die bergrechtlichen Gegebenheiten sehr uneinheitlich, sodass Bergbautreibende von den verschiedensten Behörden Genehmigungen zum Abbau einholen müssen. Neben den Behörden, welche die Genehmigungen zur Nutzung der Lagerstätte erteilen, sind weitere Behörden zuständig, z. B.:

- the Mine Safety and Health Administration (MSHA), which is responsible for occupational safety and accident prevention;
- the U.S. Forest Service (USFS);
- the U.S. Fish and Wildlife Service (FWS);
- the U.S. Department of Transportation (DOT);
- various other state, county and local authorities;
- state and federal radiation protection authorities that oversee the mining of radioactive minerals; and
- state mining authorities and the Federal Office of Surface Mine Reclamation and Enforcement (OSMRE).

These diverse authorities with their bewildering and at times overlapping responsibilities make the mine licensing process very difficult indeed. Federal legislation prescribing the recultivation of open-pit mining sites, the “Surface Mining Control and Reclamation Act” (SMCRA), was only introduced in 1977 (6). Prior to this date, the so-called “pre-law status”, there was generally no obligation to rehabilitate and reclaim mines in the USA. Mine operators simply walked away from their exhausted or unworkable deposits – hence the huge number of discarded and abandoned mining installations. The adoption of the SMCRA led to the establishment of the Office of Surface Mine Reclamation and Enforcement (OSMRE) whose three main functions are as follows:

1. Regulating active coal mines;
2. reclaiming abandoned mine lands; and
3. providing technical support, instruction and technology development.

According to the SMCRA the OSMRE covers five areas of responsibility:

1. Guideline setting competence for the quality of the recultivation measures;
2. licensing procedures for surface mining;
3. monitoring of financial recultivation provisions;
4. mining supervision and policing powers; and
5. ensuring that mining interdiction rules are being met at particularly sensitive sites, e. g., national parks.

The SMCRA lays down a number of important principles as far as recultivation is concerned. According to these, recultivated areas and similar have to be restored in such a way that their usage quality is an improvement on that which existed before mining commenced (“higher and better post-mining land use”). This transformation of the landscape can hardly be implemented in desert areas, among other places, where climate conditions are such that any plant growth would be difficult to achieve even after the recultivation phase. Another basic requirement involves the restoration, as far as possible, of the original topography (approximate original contour – AOC). This effectively prohibits the established practice of bulldozing hilltops and depositing the overburden into adjacent valleys, a practice referred-to as “mountaintop removal mining”.

The SMCRA also set up a fund whose purpose is to pay for the clean-up of abandoned mines that were closed down prior to 1977. These are known as “Pre-law mining liabilities” (7). This fund is financed by a fee that is levied on each tonne of coal extracted.

- Einzel- und bundesstaatliche Umweltämter (Environmental Protection Agencies, EPA), insbesondere für Staubemissionen,
- die US-Armee mit dem Ingenieurkorps (U.S. Army Corps of Engineers, USACE), zuständig für Wasserwege, Vorfluter und Staudämme,
- die Bergaufsichtsbehörde (Mine Safety and Health Administration, MSHA), zuständig für Arbeitssicherheit und Unfallschutz,
- die US-Waldbehörde (U.S. Forest Service, USFS),
- Jagdschutz- und Fischereiaufsichtsbehörden (U.S. Fish and Wildlife Service, FWS),
- Straßen- und Schienenaufsichtsbehörden (U.S. Department of Transportation, DOT),
- sonstige einzelstaatliche, regierungsbezirkliche und kommunale Behörden,
- einzel- und bundesstaatliche Strahlenschutzbehörden beim Abbau von radioaktiven Mineralen und
- einzelstaatliche Bergbehörden sowie die bundesstaatliche Tagebau-Rekultivierungsbehörde (Office of Surface Mine Reclamation and Enforcement, OSMRE).

Diese Vielzahl von Behörden mit verwirrenden, z. T. überlappenden Zuständigkeiten erschweren den bergrechtlichen Genehmigungsprozess erheblich. Ein Bundesgesetz, das die Rekultivierung von Tagebauen vorschreibt, den „Surface Mining Control and Reclamation Act“ (SMCRA), gibt es erst seit 1977 (6). Vor 1977, sogenannter pre-law-Status, gab es generell keine Verpflichtung, Bergwerke in den USA zu rekultivieren und wieder nutzbar zu machen. Bergwerksbetreiber haben ihre ausgereizten oder nicht mehr bauwürdigen Lagerstätten einfach verlassen – daher die gewaltigen Zahlen von abgeworfenen oder verlassenen Bergwerksanlagen. Mit der Verabschiedung des SMCRA wurde die Tagebaubergbehörde OSMRE gegründet, die drei Hauptzwecke verfolgt:

1. Beaufsichtigung aktiver Bergwerke,
2. Wiedernutzbarmachung ehemaliger Bergbauflächen und
3. technische Unterstützung, Ausbildung und Technologieentwicklung.

Gemäß SMCRA hat das OSMRE fünf Aufgabenbereiche:

1. Richtlinienkompetenz für die Qualität der Rekultivierungsmaßnahmen,
2. Genehmigungsverfahren für Tagebau,
3. Überwachung der finanziellen Rekultivierungsrückstellungen,
4. Bergaufsicht und Polizeigewalt und
5. Überwachung der Einhaltung von Abbauverboten auf besonders schützenswerten Flächen, z. B. in Nationalparks.

Das SMCRA legt einige wichtige Rekultivierungsgrundsätze fest. Hiernach müssen rekultivierte Flächen u. a. so wiederhergestellt werden, dass ihre Nutzungsqualität gegenüber dem Zustand vor dem Bergbau verbessert wird („higher and better post-mining land use“). Diese Veränderung der Landschaft lässt sich u. a. in Wüsten kaum umsetzen, da ein Pflanzenwachstum aufgrund der Klimabedingungen auch nach Rekultivierung nur schwerlich zu erreichen ist. Eine weitere Grundbedingung ist die Wiederherstellung der ungefähren, ursprünglichen topografischen Konturen (Approximate Original Contour – AOC). Hiermit wird die früher übliche bergbauliche Praxis des Abbaggers von Bergkuppen mit

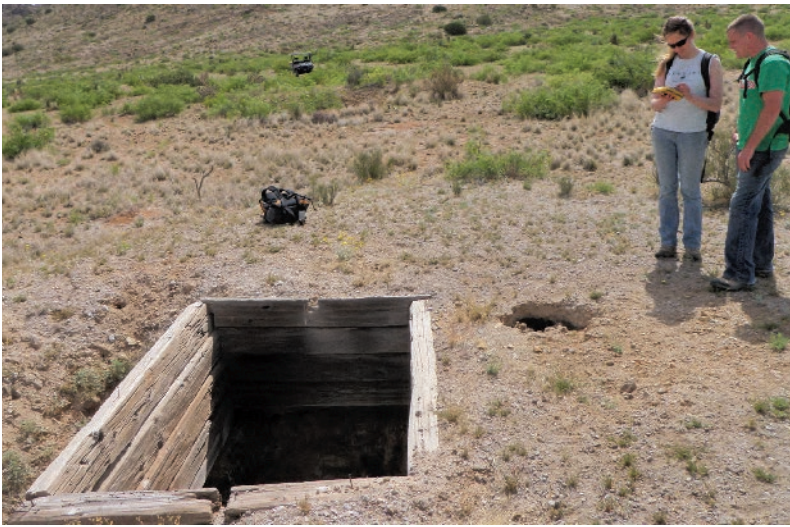


Fig. 3. Unprotected adit entrance (8). // Bild 3. Ungesicherte Tagesöffnung (8).

Abraumversturz in die benachbarten Täler, das sogenannte Mountaintop Removal Mining, untersagt.

Mit dem SMCRA wurde auch ein Fonds geschaffen, um stillgelegte und vor 1977 abgeworfene Bergwerke zu rekultivieren, die sogenannten pre-law-Altlasten (7). Dieser Fonds wird durch eine Gebühr finanziert, die pro Tonne geförderter Kohle erhoben wird.

BLM-Arbeitsprogramm für stillgelegte und abgeworfene Bergwerke (AML-Programm)

Bereits in den späten 1990er Jahren hat das BLM große Fortschritte bei der Identifizierung sicherheitlich problematischer Bergbauanlagen erzielt, beispielsweise von offenen Schächten, offenen Stollenmundlöchern, Tagesbrüchen und gefährlichen Austritten belasteter Grubenwässer (Bild 3). Zweifellos haben die Unfälle im Altbergbau sowie die Umweltbelastungen den Aktivitäten des BLM Dringlichkeit verschafft. Den Vertrauensverlusten der Öffentlichkeit in das verantwortliche Handeln von

Unternehmen und Behörden konnte nur durch die Schaffung von Transparenz, einem Risikomanagement, zielgerichtetem Handeln und einer angepassten Öffentlichkeitsarbeit wirksam begegnet werden.

In diesem Zusammenhang ist auf eine Internet-Seite der US-Regierung zu verweisen, die den Titel „A threatening legacy“ (ein bedrohliches Erbe) trägt (9). Hier wird auf die Risiken für Umwelt, Sicherheit und Gesundheit hingewiesen, die von nicht weniger als 500.000 verlassenen Bergwerken und stillgelegten bergbaulichen Arealen in den USA ausgehen.

Hervorzuheben sind auch die Maßnahmen zur Sanierung der Trinkwassereinzugsgebiete, die von stillgelegten Bergwerken beeinflusst werden. Aus deutscher Sicht interessant sind zudem die Bemühungen zur Bildung von Partnerschaften mit öffentlichen Institutionen, lokalen Verwaltungen, Ureinwohnern und Umweltverbänden mit dem Ziel, die Risiken altbergbaulicher Hinterlassenschaften zu reduzieren. An dieser Stelle ist auch auf die Verfolgung von Best-Practice-Verfahren hinzuweisen, die für das BLM von erheblicher Bedeutung sind.

Neben dem BLM gibt es vielfältige Interessen privater und nichtstaatlicher Organisationen, AML zu sichern oder für Folgenutzungen vorzubereiten. Dies schließt beispielsweise die Nutzung vom Bergbau beeinflusster Bäche und Seen für Angler, die jagdliche Nutzung von Altbergbauflächen oder die Freizeitnutzung durch Wanderer, Rad- und Skisportler ein. Aufgrund der derzeitigen Gesetzeslage besteht jedoch die Gefahr, dass eine dritte Partei, die bergbauliche Hinterlassenschaften für eigene Nutzung rekultiviert, verbessert oder auch nur geringfügig verändert, für die Folgen jeglicher Eingriffe als Erbe für die gesamte Altlast und deren Rekultivierung rechtlich und finanziell verantwortlich gemacht werden kann. Es gibt Entwürfe für eine „barmherzige Samariter“-Regelung, die diese rechtliche Verantwortlichkeit eingrenzt, um privatwirtschaftliche Anstrengungen zur Rekultivierung zu fördern, aber die Gesetzgebung ist hier noch nicht weit vorangeschritten.

Priorisierung der AML-Altlasten

Die Kosten für die Beseitigung von über 22.000 Gefahrenstellen für die öffentliche Sicherheit werden vom BLM auf über

BLM work programme for closed and abandoned mines (the AML programme)

By the late 1990s the BLM had made a huge amount of progress in the identification of potentially dangerous mining installations, such as open mine shafts and adit entrances, surface cave-ins and harmful emissions of contaminated mine water (Figure 3). There is no doubt that accidents in and around abandoned mine workings and cases of environmental damage lent a degree of urgency to the activities of the BLM. The erosion of public confidence in the level of responsibility displayed by mining companies and authorities could only be effectively addressed by creating transparency and a system of risk management, along with goal-oriented action and a well-directed public relations effort.

In this context it is well worth seeking out a U.S. Government website that carries the title “A threatening legacy” (9). This details the risks to human health and safety and to the environment that are posed by no fewer than 500,000 abandoned mine workings and decommissioned mining sites in the USA.

Particular mention should also be made of measures aimed at cleaning-up those drinking-water catchment areas that have been affected by disused mine workings. Also interesting from a German perspective are the efforts being made to establish partnerships with public institutions, local administrations, indigenous peoples and environmental organisations with a view to reducing the risks posed by abandoned mining legacies. Attention should also be drawn to the “best practice” procedures to which the BLM attaches considerable significance.

In addition to the efforts of the BLM all manner of interest has been displayed by private and non-governmental organisations in safeguarding and securing AML or preparing such sites for after-use projects. This includes, e.g., using mining-affected streams and lakes as fishing venues, transforming abandoned mining sites into hunting areas and developing recreational parks for walkers, cyclists and skiers. Given the current legal situation, however, there is a danger that a third party – namely one that is involved in recultivating, improving or even slightly altering mining legacy holdings for own use purposes – may be held legally and financially responsible for the consequences resulting from such

an intervention as heir to the inherited burden and its reclamation. Proposals are now being drawn up for a “good Samaritan” ruling that would restrict the scope of this legal responsibility in order to promote private-sector initiatives for recultivation projects. However, the legislative process has still not made much progress in this direction.

Prioritisation of AML liabilities

The BLM puts the cost of rectifying some 22,000 or more sites that present a risk to public safety at over 400 M US\$ (BLM, 2013). About 10 % of this sum alone is taken up as estimated expenses for the stabilisation and support measures that will be required. The BLM has laid down the following safety-relevant priorities for the abandoned mine sites according to their proximity to populated areas or major tourist locations (3):

1. High priority: locations that lie within a quarter of a mile (400 m) of a populated area or a school that is in active use. This involves nearly 600 sites.
2. Medium priority: locations that lie within 400 m of a previously populated site, e.g., a mining ghost town, a historic school or a venue with a strong visitor turnout. This involves about 650 sites.
3. Low priority: locations that are more than 400 m away from a populated area. This applies to the remaining 21,000 sites.

At the same time, special significance is also attached to mining liabilities that constitute a sizeable risk to public safety or to the environment and for which no legally responsible organisations or persons can be traced. These inherited liabilities are designated as “Superfund sites” in that a Superfund endowed with large sums of money has been set aside for recultivation measures. These Superfunds also cover industrial sites that have no historic connection with the mining industry.

Superfund sites are regulated under law by the Comprehensive Environmental Response, Compensation and Liability Act (CERCLA), which falls within the competence of the Environmental Protection Agency (EPA). The role of the EPA is to trace legally responsible persons, or their legal successors, who can be held accountable for the Superfund charges. This has proved successful in about 70 % of cases. The Superfund then provides for the remaining 30 %, this being financed from tax revenues. There are some 40,000 Superfund sites in all, about 1,600 of which have been given national priority (10). The latter figure includes 143 former mines, processing plants and smelters.

Other abandoned-mine and post-mining challenges

The individual characteristics of the inherited liabilities presented in Figure 2 are compiled in Table 1 (5). In total the BLM register contains nearly 98,000 individual attributes.

Abandoned-mine and post-mining tasks from the perspective of the mining companies and authorities

One obvious outcome of the 2020 Annual Conference of the Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME) was that the mining companies were ready to recognise the significance of the Social License to Operate as part of the entire mining life cycle (11). It was clear from many of the papers presented at the Conference,

400 Mio. US-\$ beziffert (BML, 2013). Hiervon entfallen etwa 10 % allein auf Kostenschätzungen für die erforderlichen Sicherungsmaßnahmen. Das BLM hat für die sicherheitlich relevanten bergbauliche Altlasten entsprechend ihrer Nähe zu besiedelten Gebieten oder touristisch bedeutsamen Standorten folgende Prioritäten festgelegt (3):

1. Hohe Priorität: Standorte, die innerhalb einer Viertelmeile (400 m) von einem besiedelten Ort oder einer aktiv genutzten Schule liegen. Dies betrifft knapp 600 Standorte.
2. Mittlere Priorität: Standorte, die sich innerhalb 400 m von einem vormals besiedelten Ort, z. B. einer Bergbau-Geisterstadt, einer historischen Schule oder einem Ort mit hohem Besucherandrang befinden. Dies betrifft weitere etwa 650 Standorte.
3. Niedrige Priorität: Standorte, die mehr als 400 m von einem besiedelten Ort entfernt sind. Dies ist für die verbleibenden knapp 21.000 Standorte relevant.

Eine besondere Bedeutung haben daneben noch bergbauliche Altlasten, die eine erhebliche Gefährdung der öffentlichen Sicherheit oder der Umwelt darstellen und bei denen keine rechtlich verantwortlichen Firmen oder Personen auffindbar sind. Diese Altlasten werden als „Superfund Sites“ bezeichnet, weil hierfür ein Superfund mit großen Geldsummen für die Rekultivierung bereitsteht. Superfunds schließen auch industrielle Standorte ein, die keine bergbauliche Vergangenheit haben.

Superfund-Standorte sind in dem Gesetz über umfassende Umwelt-Maßnahmen, Kompensation und Verantwortlichkeit (Comprehensive Environmental Response, Compensation, and Liability Act, CERCLA) geregelt, das in die Zuständigkeit der Bundesumweltbehörde (EPA) fällt. Ziel der EPA ist es, für die Superfund-Lasten rechtlich Verantwortliche oder deren Rechtsnachfolger zu finden, was auch in etwa 70 % der Fälle gelingt. Für die verbleibenden 30 % kommt der Superfund auf, der aus Steuergeldern finanziert ist. Es gibt etwa 40.000 Superfund-Standorte, von denen etwa 1.600 nationale Priorität haben (10). Unter diesen 1.600 Standorten befinden sich 143 ehemalige Bergwerke, Aufbereitungsanlagen und Hütten.

Andere alt- und nachbergbauliche Herausforderungen

Die Einzelmerkmale der in Bild 2 aufgeführten Altlasten sind in der Tabelle 1 zusammengestellt (5). Insgesamt enthält das BLM-Kataster fast 98.000 Einzelmerkmale.

Alt- und nachbergbauliche Aufgaben aus der Sicht der Bergbauunternehmen und der Behörden

Anlässlich der Jahrestagung 2020 der Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME) wurde deutlich, dass die Bergbauunternehmen die hohe Bedeutung der Social License to Operate im gesamten bergbaulichen Lebenszyklus erkannt haben (11). Wie zahlreiche Vorträge auf der in Phoenix, Arizona, ausgerichteten Tagung und die parallel organisierte Fachausstellung gezeigt haben, wird die Verantwortung des Bergbaus für die geordnete Sanierung und Wiedernutzbarmachung der in Anspruch genommenen Flächen zunehmend ernst genommen.

An den Besuch der Tagung schloss sich eine Forschungsreise durch den Süden der USA und die Bundesstaaten Arizona, New Mexico, Texas und Louisiana an. Die Fläche dieser vier Bundes-

Attribute Merkmal	Total Anzahl	Share in % Anteil in %	Number requiring renovation or repair Hiervon sind aufzuarbeiten
Adit entrance, collapsed / Stollenmundloch, eingebrochen	3,470	3.54	2,040
Adit entrance, open / Stollenmundloch, offen	19,685	20.10	16,107
Inclined gallery / Schrägstollen	217	0.22	41
Borehole / Bohrloch	22	0.02	6
Leaching from ore dump / Haufwerkslaugung	12	0.01	10
Steep face or slope / Steilhang oder -böschung	8,396	8.57	7,655
Ramp / Rampe	16	0.02	12
Mine or processing works / Bergwerk oder Aufbereitungsanlage	319	0.33	233
Other abandoned mine site / Sonstige Altlast	19,081	19.48	15,077
Prospecting mine / Schürfgrube	9,065	9.26	6,294
Ore dump / Erzhalde	25	0.03	9
Water lake, other environmental burden / Wasserteich, sonstige Umweltlast	74	0.08	52
Shaft, collapsed / Schacht, eingebrochen	1,418	1.45	840
Shaft, open / Schacht, offen	20,989	21.43	17,526
Mine roadway or adit / Bergbauliche Strecke oder Stollen	158	0.16	70
Building or similar structure / Gebäude oder ähnliche Anlage	372	0.38	286
Tailings pond, settling pond / Waschbergeteich, Klärteich	527	0.54	463
Exploratory trench / Aufschlussgraben	1,244	1.27	422
Spoil heap / Bergehalde	12,850	13.12	9,346
Total / Summe	97,940	100	76,489

Table 1. Individual attributes of abandoned mine sites recorded in the BLM register (5).
Tabelle 1. Einzelmerkmale altbergbaulicher Flächen des BLM-Katasters (5).

which was held in Phoenix, Arizona, and from the accompanying trade exhibition, that the mining industry was now taking very seriously its responsibility for the orderly restoration and reclamation of the various sites it had been using for mineral extraction.

The visit to the Conference was followed by a research trip through southern USA and the Federal States of Arizona, New Mexico, Texas and Louisiana. The total area of land covered by these four States is more than four times larger than that of Germany, while their combined population is only about half of that of the latter. The population density in the four named States is therefore some eight times less than that of Germany, amounting to around 30 inhabitants per km². These figures serve to reinforce the personal impression of the region. The availability of land with a low utilisation factor shapes the manner in which the open spaces are used. On the edge of the former mining town of Bisbee in the south of Arizona, e.g., there stands an abandoned open-pit copper mine where problems with mine water, earth slips and dust are clearly evident (Figure 4a), while close to Silver City in New Mexico it is possible to see active copper mining areas that also show signs of a successful and ongoing recultivation process (Figure 4b). However the dry climate in this area effectively prevents much vegetation growth.

This paper has already highlighted the confusing administrative structure and the complicated legal situation as far as mining operations are concerned. This has also meant that individual States may adopt a distinctly different approach to the problem of abandoned mines and post-mining recovery and may even act on quite dissimilar statistical information. The Arizona State Mine

staaten ist insgesamt um mehr als den Faktor 4 grösser als die Deutschlands. Die Einwohnerzahl in diesen Bundesstaaten umfasst etwa die Hälfte der Bevölkerung Deutschlands. Damit liegt die Bevölkerungsdichte in den genannten Bundesstaaten um den Faktor 8 unter der in Deutschland und beträgt etwa 30 Einwohner/km². Diese Angaben untermauern den persönlichen Eindruck. Die Verfügbarkeit von Flächen mit geringem Nutzungsdruck prägen den Umgang mit Teilen der Tagesoberfläche. So blickt man im Süden Arizonas am Rand der alten Bergbaustadt Bisbee in einen aufgelassenen Tagebau und erkennt Probleme hinsichtlich Grubenwasser, Rutschungen und Staub (Bild 4a). In der Nähe der Stadt Silver City erkennt man neben aktiven Tagebauen auf Kupfer Bereiche, die einen guten Zustand einer im Prozess befindlichen Rekultivierung aufweisen (Bild 4b). Eine Begrünung der Flächen ist wegen des trockenen Klimas kaum möglich.

Auf die komplizierte Rechtslage im Hinblick auf bergbauliche Prozesse und die unübersichtliche Behördenstruktur wurde bereits hingewiesen. Hieraus resultieren auch ein unterschiedlich ausgeprägter Fokus auf den Alt- und Nachbergbau in den einzelnen Bundesstaaten sowie sehr unterschiedliche statistische Informationen. So gibt der Arizona State Mine Inspector auf der Basis seiner Arbeit für den Bundesstaat Arizona die Zahl von etwa 100.000 stillgelegten Bergwerken an. Das BLM weist für Arizona mehr als 200.000 Einzelmerkmale stillgelegter Bergwerke aus, wovon aber nur 20.000 auf öffentliche Flächen entfallen (2, 5).

Austin in Texas ist der Sitz der Railroad Commission of Texas (RRC), welche die für den Alt- und Nachbergbau in diesem Bundesstaat zuständige Behörde darstellt. Sie ist mit ihren etwa 30



Fig. 4. a) Bisbee – abandoned copper mine and b) Silver City – recultivated area around Tyrone Mine.

Bild 4. a) Bisbee – aufgelassener Kupfertagebau und b) Silver City – rekultivierter Bereich der Tyrone Mine. Photos/Fotos: M. Hegemann (FZN)

Inspector, as part of his remit working for the Federal State of Arizona, e.g., has specified a figure of some 100,000 abandoned mines. The BLM, for its part, has recorded more than 200,000 individual entries for disused mines in Arizona, of which only around 20,000 are located on public land (2, 5).

Austin, Texas, is home to the Railroad Commission of Texas (RRC), which is the competent authority for abandoned-mine and post-mining issues in this U.S. State. The RRC, which has around 30 employees, is also responsible for the exploration and production phase and for all post-mining matters arising throughout Texas. The main post-mining problems concern mine water, surface water and final closure plans. Given the significant resource potential of the State of Texas it is no surprise that the main focus of activity of the RRC is on oil and gas extraction and on pipeline operations (12).

In this context it is interesting to note the two massive sinkholes that developed close to the town of Wink in western Texas. The oil that is extracted in this area is graded as West Texas Intermediate (WTI), while the region also produces gas by means of the fracking process. The two sinkholes are up to 200 m in diameter and as much as 30 m deep. Their formation is related to the subsidence of salt formations due to water inflow via natural or anthropogenic rock fractures or well bores (13). The ground movements have also been investigated by radar interferometry.

The Department of Natural Resources in Baton Rouge, which is the capital of the U.S. State of Louisiana, is also responsible for the challenges arising during the post-mining phase. As in other U.S. States, Louisiana operates an so-called Abandoned Mine Land Program, in which information on abandoned mining sites is collected, evaluated and used to minimise hazards and for revitalisation. The Programme has registered more than 1,100 non-hard coal mines, around one half of which pose a potential risk to man and the environment (14).

A quite special phenomenon exists in southern Louisiana, which is home to the wetlands of the Mississippi Delta. In this region brine is extracted from the existing salt domes, caverns are created and hydrocarbons are stored in them. The geology of the salt domes is a complex one. In 2012 a sinkhole appeared near the community of Bayou Corne whose final dimensions were estimated to be more than 10 hectares (15). The incident, which had a massive impact on the people living in this extremely flat wetland area,

Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sowohl für die Exploration und die Produktionsphase als auch für den Nachbergbau im gesamten Bundesstaat zuständig. Für den Nachbergbau stehen hier die Probleme Grubenwasser, Oberflächenwasser und Abschlussbetriebspläne im Vordergrund. Angesichts der Rohstoffpotentiale von Texas ist es nachvollziehbar, dass das Schwergewicht der Tätigkeit von RRC auf den Bereichen Öl- und Gasgewinnung sowie dem Betrieb von Pipelines liegt (12).

In diesem Zusammenhang sind zwei Erdfälle in der Nähe der Stadt Wink im Westen des Bundesstaats von Interesse. Hier wird u. a. Erdöl der Qualität West Texas Intermediate (WTI) gewonnen. Erdgas wird in dieser Provinz auch auf der Basis von Fracking produziert. Die beiden Erdfälle weisen Durchmesser von bis zu 200 m und Tiefen von bis zu 30 m auf. Ihre Entstehung wird mit der Subrosion von Salzformationen durch Wasserzuflüsse über natürliche oder anthropogen verursachte Klüfte bzw. Bohrlöcher in Verbindung gebracht (13). Die Bodenbewegungen wurden auch mit Hilfe der Radarinterferometrie untersucht.

In Baton Rouge, der Hauptstadt des Bundesstaats Louisiana, ist das Department of Natural Resources u. a. für die Herausforderungen der Nachbergbauphase zuständig. In Louisiana gibt es, wie in anderen Bundesstaaten auch, ein sogenanntes Abandoned Mine Land Program, in dem Informationen über stillgelegte bergbauliche Anlagen gesammelt, ausgewertet und zur Minimierung von Gefährdungen und zur Revitalisierung genutzt werden. Demnach sind über 1.100 Nicht-Steinkohlenbergwerke registriert, von denen etwa die Hälfte ein Gefahrenpotential für Mensch und Umwelt aufweisen (14).

Auf ein besonderes Phänomen stößt man im Süden Louisianas, also in den „wetlands“ des Mississippi-Deltas. Hier werden in den vorhandenen Salzstöcken Sole gewonnen, Kavernen angelegt und Kohlenwasserstoffe gespeichert. Die Geologie der Salzstöcke ist komplex. Im Jahr 2012 kam es am sogenannten Bayou Corne zu einem Erdfall, dessen finale Größe mit über 10 ha angegeben wird (15). Die Auswirkungen auf die Bevölkerung erreichten in der sehr flachen und wasserreichen Landschaft erhebliche Ausmaße. Angekündigt hatte sich das Ereignis durch Gasaustritte an der Wasseroberfläche und Bodenbewegungen. Das Beispiel zeigt die Bedeutung von aussagekräftigen Monitoringmaßnahmen, verbunden mit einem ausgeprägten Verständnis für die sich im Untergrund vollziehenden Prozesse.

was preceded by ground movements and seepages of gas on the surface of the water. This event shows how important it is to have meaningful monitoring measures in place together with a profound understanding of the processes taking place below ground.

Summary and Outlook

The USA is home to tens of thousands of abandoned mine workings, the majority of which have to be recultivated and restored to post-mining use at the taxpayers' expense. This is partly due to the fact that prior to 1977 there was no legal requirement for mine operators to undertake any restoration of the land and facilities that had been used for mining activities. According to the BLM registers there are more than 50,000 former and now abandoned mining sites on federal land alone, mainly in western USA, with nearly 100,000 individual attributes that in some cases present a risk to public safety and the environment and need to be stabilised and restored as a matter of priority. The restoration and recultivation measures are hampered by the fact that a multitude of regulatory competencies have to be taken into account and that public funds can only be released when no legal successor to the originator can be identified – a process that can often involve many years of searching. The complex legal situation also makes it difficult for non-governmental organisations (NGOs) and voluntary aid agencies to engage in the recultivation and renovation work, the end result being that the USA will probably have to live with the problem of inherited mining liabilities for many years to come.

References / Quellenverzeichnis

- (1) Arizona State Mine Inspector (2021): <https://asmi.az.gov/> (zuletzt aufgerufen 10.08.2021).
- (2) Arizona State Mine Inspector (2021): <https://asmi.az.gov/abandoned-mine-history> (zuletzt aufgerufen am 19.07.2021).
- (3) Bureau of Land Management (2013): Abandoned Mine Lands Program. https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/uploads/AML_PUB_Closures.pdf (zuletzt aufgerufen am 19.07.2021).
- (4) Unger, C.; Lechner, A. M.; Glenn, V.; Edraki, M.; Mulligan, D. R. (2012): Mapping and Prioritising Rehabilitation of Abandoned Mines in Australia. Life-of-Mine Conference 2012.
- (5) Bureau of Land Management (2017): Abandoned Mine Lands Site Inventory. <https://www.blm.gov/programs/aml-environmental-cleanup/aml/inventory> (zuletzt aufgerufen am 29.03.2023).
- (6) Office of Surface Mining, Reclamation and Enforcement. U.S. Department of the Interior (2021): <https://www.osmre.gov/lrg.shtm> (zuletzt aufgerufen am 07.08.2021).
- (7) U.S. Department of the Interior: Natural Resources Revenue Data. <https://revenue.data.doi.gov/how-revenue-works/aml-reclamation-program/> (zuletzt aufgerufen am 07.08.2021).
- (8) Bureau of Land Management (2014): Abandoned Mine Land Inventory. Study for BLM-Managed Lands in California, Nevada, and Utah: Site and Feature Analysis. https://www.blm.gov/sites/blm.gov/files/uploads/AML_PUB_Inventory.pdf (zuletzt aufgerufen am 19.07.2021).
- (9) US-Regierung (2021): A Threatening Legacy. <https://abandonedmines.gov/> (zuletzt aufgerufen am 19.07.2021).
- (10) U.S. Environmental Protection Agency (2020): Superfund Remedial Annual Accomplishments, Fiscal Year 2020 Report. <https://sempub.epa.gov/work/HQ/100002803.pdf> (zuletzt aufgerufen am 29.07.2021).

Zusammenfassung und Ausblick

In den USA gibt es zehntausende von bergbaulichen Altlasten, die größtenteils auf Kosten der Steuerzahler rekultiviert und einer nachbergbaulichen Nutzung zugeführt werden müssen. Das liegt einerseits daran, dass es vor 1977 keine rechtliche Veranlassung für die Bergbautreibenden gab, die für den bergbaulichen Prozess genutzten Flächen und Anlagen zu rekultivieren. Allein auf bundesstaatlichem Grundeigentum, vornehmlich im Westen der USA, sind in den Katastern des BLM über 50.000 ehemalige, verlassene Bergbaustandorte mit fast 100.000 Einzelmerkmalen erfasst, die zum Teil Gefährdungen der öffentlichen Sicherheit und der Umwelt darstellen und mit Vorrang saniert werden müssen. Die Sanierungs- und Rekultivierungsmaßnahmen werden dadurch erschwert, dass eine Vielzahl behördlicher Zuständigkeiten zu berücksichtigen ist und dass öffentliche Mittel erst dann bereitgestellt werden, wenn nach oft jahrzehntelanger Suche kein Rechtsnachfolger des Verursachers ermittelt werden kann. Die komplizierte Rechtslage erschwert auch Nichtregierungsorganisationen (NGOs) und freiwilligen Hilfsorganisationen, sich an Rekultivierungs- oder Sicherungsarbeiten zu beteiligen, sodass die USA vermutlich noch über Jahrzehnte mit bergbaulichen Altlasten werden leben müssen.

- (11) Goerke-Mallet, P.; Hegemann, M.; Kretschmann, J.; Brune, J. F. (2020): Society for Mining, Metallurgy and Exploration – SME Jahrestagung 2020: Themen – Botschaften – Eindrücke. *bergbau* 8/2020, S. 364–368.
- (12) Railroad Commission of Texas (2021): Home. <https://www.rrc.texas.gov/> (zuletzt aufgerufen am 10.08.2021).
- (13) Bureau of Economic Geology (2021): Wink Sink. <https://www.beg.utexas.edu/research/programs/near-surface-observatory/wink-sink> (zuletzt aufgerufen am 10.08.2021).
- (14) State of Louisiana. Department of Natural Resources (2021): Home. <https://www.dnr.louisiana.gov/> (zuletzt aufgerufen am 10.08.2021).
- (15) Places Journal (2019): When the Ground Gives Ways. <https://placesjournal.org/article/when-the-ground-gives-way-bayou-corne-sinkhole/?cn-reloaded=1> (zuletzt aufgerufen am 10.08.2021).

Authors / Autoren

Prof. Dr.-Ing. Jürgen F. Brune, Mining Engineering Department, Colorado School of Mines (CSM), Golden, CO/USA, Prof. Dr.-Ing. Peter Goerke-Mallet, Forschungszentrum Nachbergbau (FZN), Technische Hochschule Georg Agricola (THGA), Bochum