

## **20 Jahre *Aktive Verwahrung* von Altbergbauen in Österreich durch die GKB-Bergbau GmbH**

**Dipl.-Ing. Friedrich Kremser, Dipl.-Ing. Helmuth Landsmann,  
Dipl.- Ing. Markus Troger**

GKB-Bergbau GmbH, Bärnbach

### **ZUSAMMENFASSUNG**

Die im Jahr 1856 als Kohlenbergbauunternehmen gegründete Graz- Köflacher Eisenbahn- und Bergbau-Gesellschaft ist, nach der im Jahr 2004 erfolgten Einstellung des Kohlenbergbaus, heute als GKB-Bergbau GmbH (GKB) im österreichischen Bundesgebiet als Bergbauberechtigte für zahlreiche, meist untertägige Kohlen- und Erzaltbergbaue verantwortlich. Die Altbergbaue stammen aus dem Bestand der früheren Verstaatlichten Industrie in Österreich. Der Aufgabenbereich der Gesellschaft erstreckt sich auf die Sicherungspflicht und die Gewährleistung der Sicherheit der Oberflächennutzung im Bereich aufrechter Bergbauberechtigungen und die Regulierung der Bergschäden, Letzteres auch im Bereich heimgesagter Berechtigungen. Die betroffenen Flächen im Verantwortungsbereich der Gesellschaft umfassen ca. 120 km<sup>2</sup>. Zur Gewährleistung der Sicherheit wird seit 20 Jahren die *Aktive Verwahrung*, ein an die Gegebenheiten im Österreichischen Bergbau angepasstes Risikomanagementsystem eingesetzt. Auf Basis dieses Systems wird, ausgehend von den bergbaulichen Gegebenheiten, unter Bedachtnahme auf die Art der Oberflächennutzung, abhängig vom Risiko, vorbeugend in den Verwahrungszustand eingegriffen. Als rechtlicher Abschluss der Bergbautätigkeit werden von der Montanbehörde Verfahren zur Löschung der Bergwerksberechtigungen und zur Auflassung der Bergbaugebiete durchgeführt. Mit dem beschriebenen Risikomanagementsystem werden dafür seit Jahren die Voraussetzungen geschaffen. Durch den Einsatz neuer Methoden und Technologien erfolgt eine ständige Weiterentwicklung und Anpassung der *Aktiven Verwahrung* an den aktuellen Stand der Technik. Der Beitrag fasst die in den letzten 20 Jahren gesammelten Erfahrungen und Erkenntnisgewinne im altbergbaulichen Risikomanagement zusammen und belegt den bisherigen Erfolg der gesetzten Maßnahmen.

## 1. Einführung

Der Verantwortungsbereich der GKB-Bergbau GmbH (GKB) umfasst die Sicherheit der Oberflächennutzung im Bereich der nach österreichischem Bergrecht bestehenden, aufrechten Bergwerksberechtigungen für die ehemaligen verstaatlichten Braunkohlen- und Erzbergbaubetriebe in Österreich (§161(1) MinroG [1]) sowie die Regulierung von Bergschäden. Weiters ist das Unternehmen verantwortlich für die Regulierung von Bergschäden im Gebiet der gelöschten Bergwerksberechtigungen des Unternehmens (§161(2) MinroG [1]). Der Zuständigkeitsbereich der Gesellschaft erstreckt sich über 70 Altbergbaureviere, welche etwa 120 km<sup>2</sup> bergbaulich beeinflusste Flächen, 2.173 Grubenmaße und Überscharen sowie an die 3.400 Tagesöffnungen jeglicher Art umfassen. Aufgrund der Ausdehnung vieler Reviere und der oftmals lange zurückliegenden Gewinnungstätigkeit kann die gegenwärtige Oberflächennutzung durchaus in Konflikt mit den Auswirkungen ehemaliger Bergbaue stehen. Naheliegend war deshalb, die bergbaulich beeinflussten Gebiete im Verantwortungsbereich der GKB einer Risikobewertung zu unterziehen, um mögliche Auswirkungen auf die Tagesoberfläche abschätzen und geeignete Gegenmaßnahmen ergreifen zu können, wobei das vorrangige Ziel die Vermeidung von Bergschäden, insbesondere in höherwertig genutzten Bereichen, war.

Bereits seit den 1970er Jahren wird zur Beurteilung möglicher Risiko- und Verdachtsflächen in Gebieten über untertägigem Kohlenbergbau das Maximalwertverfahren mit Hüllkurven angewendet, sofern eine statistisch gesicherte Zahl von Bergschadensereignissen (Tagesbrüche, Einsenkungen, etc.) vorliegt [2], [3]. Die daraus abgeleiteten Grenzteufen für Bruch- und Senkungseignisse werden dabei zur Festlegung der Risikozonierung herangezogen. Die mit dem Maximalwertverfahren für die einzelnen Reviere bestimmten Grenzteufen decken die, in den einzelnen Revieren zu erwartenden, Bergschadensereignisse empirisch ab. Wegen der meist ähnlichen Lagerstättenverhältnisse können die in größeren Revieren aus der statistisch gesicherten Anzahl an Ereignissen abgeleiteten Grenzteufen auch in den kleineren Revieren mit nur wenigen oder gar keinen dokumentierten Bergschadensereignissen angesetzt werden. Für die vertikalen Abstände des Hangenden nachwirkungsrelevanter Grubenbaue zur Oberfläche des tertiären Gebirges wurden für den Kohlenbergbau mit dem Maximalwertverfahren folgende Grenzteufen ermittelt, wobei etwaige quartäre Lockergesteinsüberlagerungen außer Betracht bleiben:

- Tagesnaher Bergbau: GOK bis 25 m / 35 m Grenzteufe
  - Bruchgefährdung der GOK: Tagbrüche und Erdfälle mit Abmessungen im Durchmesser bis 5 m und Einbruchtiefen in der Größenordnung Dezimeter bis Dekameter
- Oberflächennaher Bergbau: 25 m / 35 m bis 50 m Grenzteufe
  - Senkungsgefährdung der GOK: Örtlich konzentrierte Einsenkungen mit Abmessungen im Durchmesser bis 10 m und Tiefen in der Größenordnung Zentimeter bis Meter

Ein weiteres Gefährdungspotential geht von zutage ausgehenden Grubenbauen aus. So herrscht eine latente Gefahr des Abgehens von nicht stabilisierten Füllsäulen und des Zusammenbruchs der Schachtköpfe sowie der Mundlochbereiche von Stollen bei unzureichend gesicherten Tagesöffnungen.

Eine Anwendung dieses Verfahrens erfolgt vorrangig auf die im Wirkungsbereich der GKB stehenden Braunkohlenreviere, wobei zwei Reviere exemplarisch betrachtet werden (Tabelle 1).

Revier	Berechtigungen	Bergbau- beginn	Einstellung Gewinnung	Gesamtförderung [Mio. t]
Wies-Eibiswald	Aufrecht: 687 ha	1835	1975	14,138
	Gelöscht: 1.304 ha			
Mittleres Lavanttal (LAKOG)	Aufrecht: 271 ha	1820	1968	15,162
	Gelöscht: 1.300 ha			

Tabelle 1: Kennzahlen des Glanzbraunkohlenreviers Wies-Eibiswald (Steiermark) sowie des Braunkohlenreviers im mittleren Lavanttal (Kärnten), Stand November 2022

Für das Glanzbraunkohlenrevier Wies-Eibiswald sowie für das Braunkohlenrevier im mittleren Lavanttal (LAKOG) liegen bergschadenkundliche Gutachten vor ([4], [5]), welche hinsichtlich der *Aktiven Verwahrung* als Grundlage herangezogen werden. Neue Erkenntnisse werden in Gutachtenabgleiche eingearbeitet, welche im 5-jährigen Rhythmus aktualisiert werden ([4a], [5a], [5b]).

Jene Bereiche, die als potenziell gefährdet definiert wurden, können nicht insgesamt gleichzeitig flächendeckend bearbeitet werden. Dies überschreitet die Möglichkeiten des Unternehmens und wäre auch finanziell nicht darstellbar. Deshalb wurden in Abhängigkeit von der bergbaulichen Information und der Nutzung der Geländeoberfläche Ordnungskriterien zur Überwachungs- und Handlungsintensität abgeleitet, welche die Verdachtszonen in Hinblick auf eine mögliche Gefährdung für das Abarbeiten in Dringlichkeitsfolgen einteilt, von sehr groß = 10 bis sehr gering = 1. Eine Unterscheidung zwischen Abbauen und Tagesöffnungen muss hierbei getroffen werden (Abbildung 1, Abbildung 2). In [6] und [7] ist diese Thematik bereits veröffentlicht worden.

Bergbauliche Information	Geländebild / Grubenkartenwerk						sonstige Pläne und Karten, alte Aufsichtsaufgaben und Skizzen		Lage- stätten- projektion	Grubenbild Gruben- kartenwerk: s. Spalten 1 u. 2	„verwahrt“ Vorkehrungen und Maßnahmen zur vorläufigen Sicherung bautechnischer Art und im Untergrund	„gesichert“ setzungsfreie, lage- und erosions- beständige Verfühlungen  „stabilisiert“
	aktuell überprüft und nachgetragen		angelegt und nachgetragen		tagenah		oberflächennahe					
	nach 1877	vor 1877	Abbau	Strecken	Abbau	Strecken	Abbau	Strecken				
1 Einrichtung mit Publikums- verkehr	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	5	1
1 öffentliche Verkehrswege und -anlagen	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	5	1
3 Bereichsübergreifende Auswirkungsmöglich- keiten	9	9	8	8	7	7	6	6	5	5	5	1
4 Siedlungsstrukturen Wohnen	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4	1
5 Siedlungsstrukturen Industrie- und Gewerbeflächen	8	8	7	7	6	6	5	5	4	4	4	1
6 Außenbereiche Erschließungsflächen	6	6	5	5	4	4	3	3	3	3	3	1
7 Flächen mit land- forst- und wasser- wirtschaftlicher Nutzung	4	4	3	3	3	3	3	3	2	2	2	1

Die Überwachungs- und Handlungsintensität ist in Abhängigkeit von der bergbaulichen Information und der Nutzung der Geländeoberfläche empirisch gestuft von 10 = sehr groß bis 1 = sehr gering

Abbildung 1: Risikomatrix für die Überwachungs- und Handlungsintensität für tages- und oberflächennahe Grubenbaue für Gegebenheiten der Ostalpen [4], [5]

Ein spezielles Ablaufschema wurde für die Bearbeitungsschritte entworfen (Abbildung 3), welches zum Auffinden und Verwahren von Flächen an der Geländeoberfläche dient, die im vom Altbergbau nachwirkungsrelevanten Bereich situiert sind. Über die Jahre hinweg wurde dieser Ablauf sehr erfolgreich angewendet.

Bergbauliche Information	1		2		3		4		5		6		7		8		9		
	Lage bekannt				Lage unbekannt				Lage bekannt								stand-fest gesichert „stabilisiert“		
	vermutlich nicht erfüllt				verfüllt				abgedeckt bzw. verschlossen				abgedeckt bzw. verschlossen						
	nicht abgedeckt bzw. verschlossen		abgedeckt bzw. verschlossen		nicht abgedeckt bzw. verschlossen		abgedeckt bzw. verschlossen		ohne Erkenntnisse				mit Erkenntnissen						
								über die Art der Ausbildung				über die Art der Ausbildung							
1	Einrichtung mit Publikumsverkehr		10	10	9	9	7	6	4	2	1								
2	öffentliche Verkehrswege und -anlagen		10	10	9	8	6	5	4	2	1								
3	Bereichsübergreifende Auswirkungsmöglichkeiten		10	10	9	8	6	5	4	2	1								
4	Siedlungsstrukturen Wohnen		10	10	8	7	5	4	3	2	1								
5	Siedlungsstrukturen Industrie- und Gewerbeflächen		10	10	8	7	5	4	3	2	1								
6	Außenbereiche Erschließungsflächen		10	10	6	5	3	3	2	2	1								
7	Flächen mit land-, forst- und wasserwirtschaftlicher Nutzung		10	10	5	5	2	2	2	2	1								

Die Überwachungs- und Handlungsintensität ist in Abhängigkeit von der bergbaulichen Information und der Nutzung der Geländeoberfläche empirisch gestuft von 10 = sehr groß bis 1 = sehr gering

Abbildung 2: Risikomatrix für die Überwachungs- und Handlungsintensität ehemaliger Tagesöffnungen von Grubenbauen für Gegebenheiten der Ostalpen [4], [5]

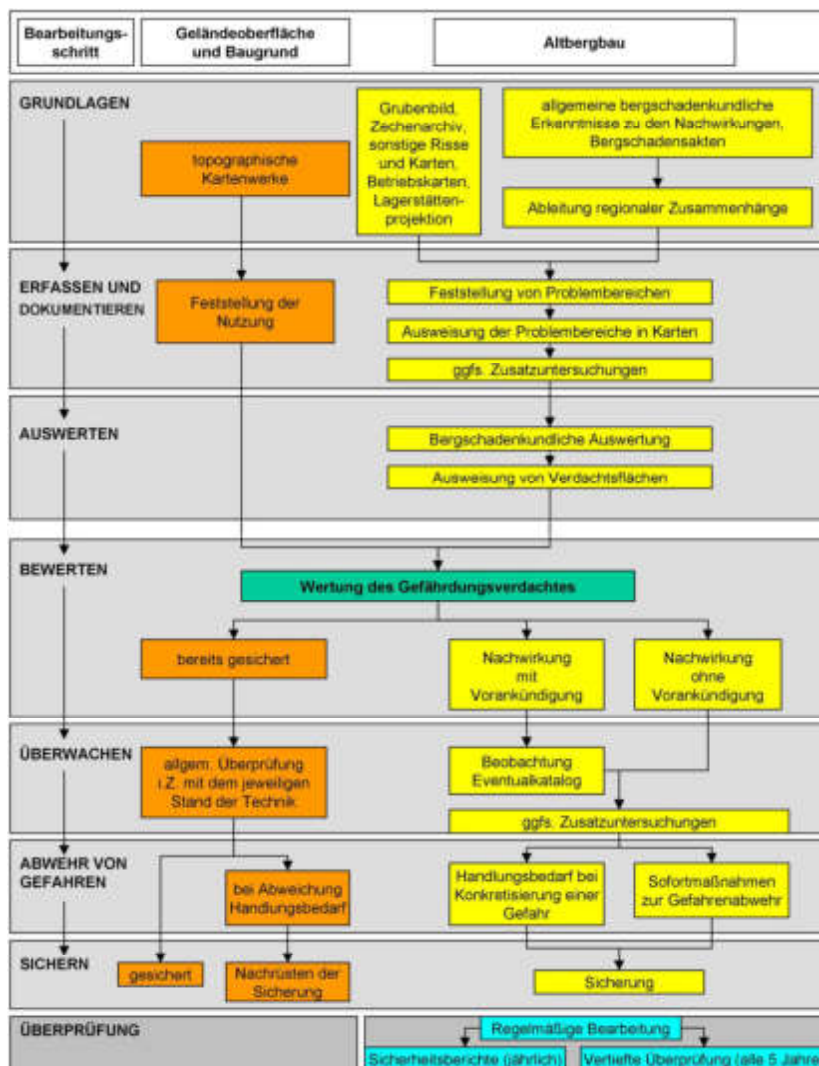


Abbildung 3: Bearbeitungsschritte zum Umgang mit Gefahren aus untertägigem Altbergbau [8]

## 2. 20 Jahre Aktive Verwahrung in Zahlen

### 2.1. Untersuchungs- und Sicherungsprojekte

Im Zuge der Verwahrung sind in Anlehnung an die Ordnungskriterien der Überwachungs- und Handlungsintensität in den letzten 20 Jahren zahlreiche Untersuchungs- und Sicherungsprojekte von der GKB realisiert worden. Die Vorgehensweise folgt einem ähnlichen Schema und reicht, in Anlehnung an [9], von der Planungsarbeit über die Durchführung der Arbeiten vor Ort bis hin zur erfolgreichen Abnahme und Dokumentation. Die Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden, sei es nun die Montanbehörde oder die örtliche Baubehörde, sowie mit den Grundeigentümern und den Trägern von Infrastruktureinrichtungen, ist unumgänglich. Dabei sind diese Parteien in die Projekte mit einzubinden und letztendlich auch von der Notwendigkeit der Tätigkeiten zu überzeugen. Bereits vor der Einstellung des letzten Gewinnungsbetriebes der GKB im Jahr 2004 wurden Verwahrungsprojekte durchgeführt. Nachdem sich der Schwerpunkt des Tätigkeitsfeldes des Unternehmens auf die Altbergbausanierung verlagerte, wurden jährlich im Durchschnitt etwa 10 Projekte realisiert, der Großteil in den ehemaligen Kohlebergbauen (Abbildung 4). Nach der Abarbeitung der Bereiche mit hohem Handlungsbedarf konzentrieren sich aktuell die Arbeiten der GKB auf anlassbezogene Projekte, wie beispielsweise die Abarbeitung von Bergschadensereignissen. Mit dem gegenwärtigen Stand von 165 Verwahrungsprojekten (133 im Kohlebergbau, 32 im Erzbergbau), hat die GKB maßgeblich zur Erhöhung der Sicherheit der Oberflächennutzung in ihrem Wirkungsbereich beigetragen.

Zur Untersuchung des Verwahrungszustandes ehemaliger Grubenbaue wurden im Verlauf der Projekte Bohrungen abgeteuft und angetroffene Hohlräume mit unterschiedlichen Versatzmaterialien aufgefüllt. Abbildung 5 zeigt den Jahresverlauf der Bohrmeter sowie das Volumen des gesamten Versatzmaterials. In Summe wurden in den vergangenen 20 Jahren 33.216 m Hammer- und Kernbohrungen abgeteuft und rund 54.000 m<sup>3</sup> Material (Kies, Asche, Stollen-SSM) zur Hohlraumverfüllung versetzt.

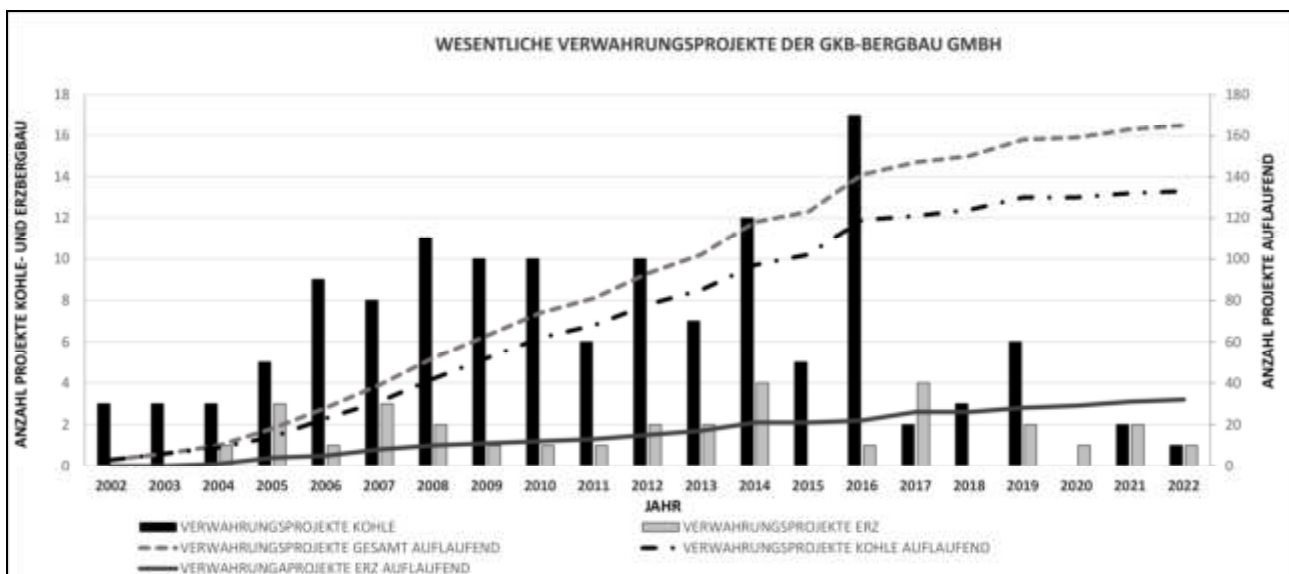


Abbildung 4: Wesentliche Verwahrungsprojekte der GKB im Kohle- und Erzbergbau der letzten 20 Jahre

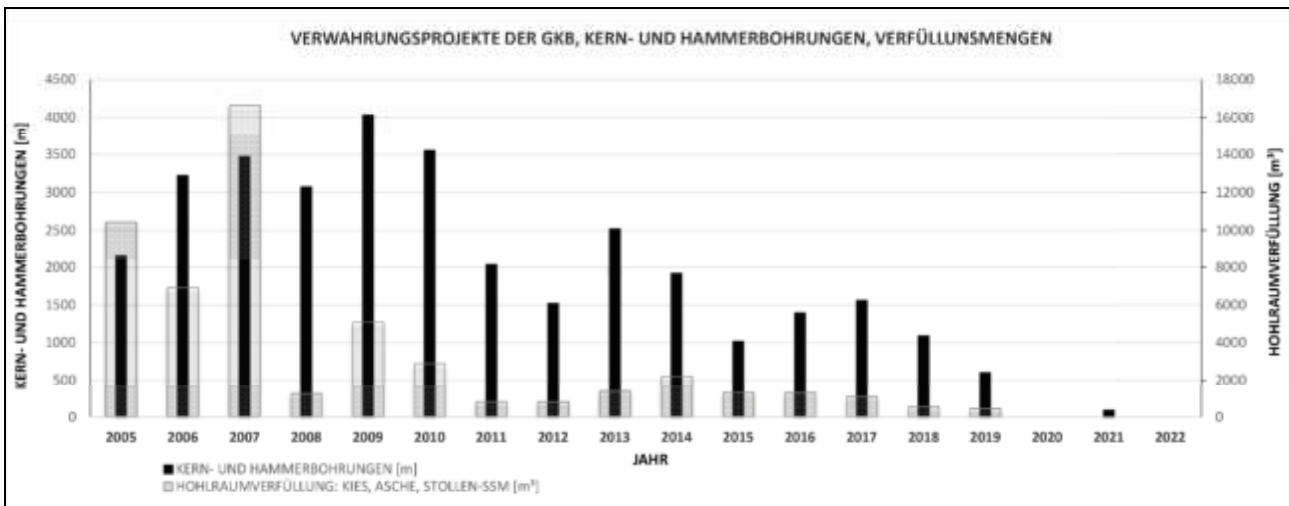


Abbildung 5: Bohrmeter Kern- u. Hammerbohrung, Verfüllmengen der letzten 20 Jahre

## 2.2. Die Aktive Verwahrung und das Bauen im Bergbauggebiet

In Bergbaugebieten dürfen Bauten und andere Anlagen, soweit es sich nicht um Bergbauanlagen handelt, nur mit Bewilligung der Montanbehörde errichtet werden (§§153 ff. MinroG [1]). Bergbaugebiete befinden sich oftmals in regionalen Entwicklungsgebieten mit entsprechendem Siedlungsdruck, der in den Flächenwidmungsplänen der Gemeinden ersichtlich wird. Sofern durch die Baumaßnahme eine Nutzungsänderung eines Grundstückes vorliegt, gehen die Kosten für Sicherungsmaßnahmen und für Vorkehrungen für Sicherheitszwecke entsprechend der einschlägigen Rechtsprechung zu Lasten des Bauwerbers, jedoch unbeschadet der Kosten etwaiger künftiger Bergschäden.

Aus Kostengründen werden vom Bauwerber vielfach keine Stabilisierungen durchgeführt. Dennoch wird der Bauwerber in die Verantwortung genommen, da neben den notwendigen baulichen Sicherungsmaßnahmen auch die Überwachungspflichten entsprechend §156 MinroG [1] nach einem im Einzelfall zu erstellenden Eventual- und Maßnahmenkatalog umzusetzen sind. Dadurch werden sowohl der Bauwerber als auch indirekt die Baubehörde ein Bestandteil des bergbaulichen Risikomanagements zur Gewährleistung der Sicherheit der Oberflächennutzung. Diese Schutzbestimmung ist für den Bergbauberechtigten eine wesentliche Komponente bei der Abarbeitung der Altbergbauproblematik.

Grundsätzlich werden die Schnittstellen zwischen Belangen der örtlichen Flächenwidmungspläne mit der bergbaulichen Raumordnung in Bereichen mit aufrechten Bergbauberechtigungen, von der Montanbehörde abgedeckt. Obwohl der Bergbauberechtigte im Widmungsverfahren keine Parteistellung hat, wird er von den Gemeinden als sachkundiger Beteiligter in das diesbezügliche Verfahren miteingebunden. Von Seiten der GKB als Bergbauberechtigter werden die betroffenen Gemeinden vor Umwidmungen in nachwirkungsrelevanten Zonen gegebenenfalls gewarnt, wenn die Baulandeneignung gemäß den Landesbaugesetzen nicht uneingeschränkt gegeben ist. Eine nachfolgende Bebauung, aber auch die Errichtung sonstiger Anlagen, unterliegen neben dem Bauverfahren der Gemeinde dem Verfahren gemäß §153 MinroG [1].

Im Durchschnitt sind pro Jahr etwa 130 Verfahren seitens des Bergbauberechtigten zu betreuen, wobei naturgemäß das Gros in Kohlenbergbaurevieren liegt (Abbildung 6).

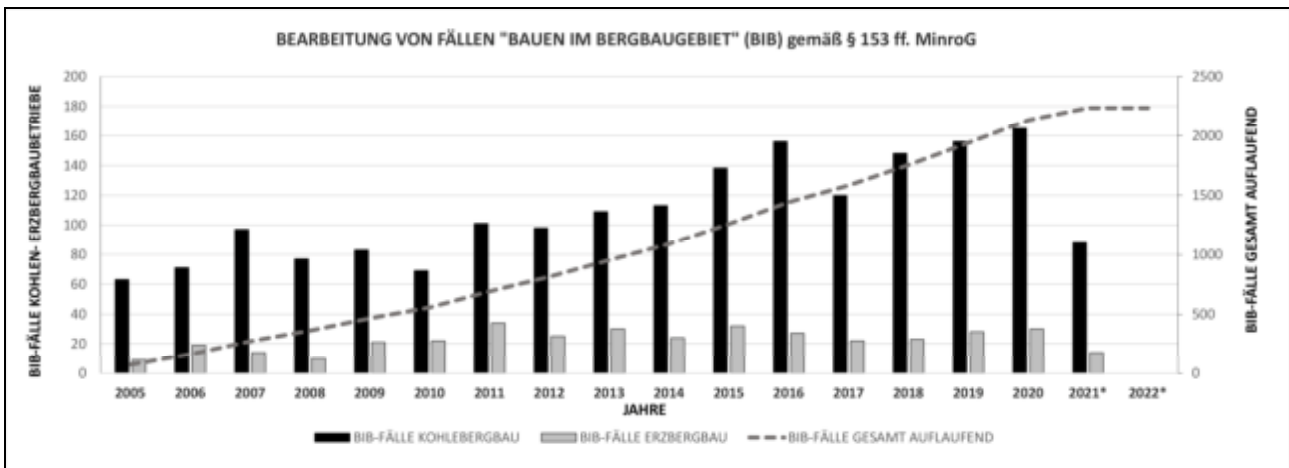


Abbildung 6: Fälle „Bauen im Bergbaubereich“ gemäß §153 MinroG (\*Stand 29. Oktober 2021)

### 2.3. Jährliche Aktualisierung der Überwachungs- und Handlungsintensität am Beispiel LAKOG

Jährlich erfolgt eine Aktualisierung der Überwachungs- und Handlungsintensität für die Kohlenbergbaureviere der GKB, wobei der zur Verfügung stehende bergbauliche Informationsstand sowie die aktuelle Oberflächennutzung herangezogen werden. Die Beeinflussung mit bergbaulichem Hintergrund wird zum größten Teil dem digitalisierten Grubenkartenwerk entnommen, zu einem kleinen Teil beruht die Informationsbeschaffung auf den Ergebnissen von durchgeführten Sondierungen, Sicherungen bautechnischer Art sowie durchgeführten Verfüllungen von erkundeten Hohlräumen. Ergänzend wird die Information über Widmungsänderungen und montanrechtlich genehmigte Bauten und Anlagen eingebracht. Die Handlungsintensität reduziert sich im Fall eines bergbehördlich durchgeführten Genehmigungsverfahrens für den Bergbauberechtigten, da die Flächen im Sinne der Überwachungsverpflichtung als verwahrt anzusehen sind.

Die Nutzung der Geländeoberfläche wird aus der digitalen Katastralmappe (DKM) für die relevanten Bereiche erhoben, welche vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) evident gehalten wird. Aktuell kann dieser Datensatz in Form von Stichtagsdaten vom BEV akquiriert werden, sie stehen auch über das Internet jedem Nutzer frei zur Verfügung.

Veränderungen in einer dieser beiden Datenquellen führen zu einer Veränderung der Überwachungs- und Handlungsintensität, weshalb die Neuberechnung dieser Quantität jährlich durchgeführt wird. Abbildung 7 veranschaulicht den zeitlichen Verlauf und den Rückgang der Anteile der kritischen ÜI-Gruppen 7-10 in den vergangenen 20 Jahren.

### 2.4. Löschung von Bergbauberechtigungen

Das österreichische Bergrecht sieht vor, dass der Bergbauberechtigte die beabsichtigte Auflassung von Berechtigungen bei der Montanbehörde anzuzeigen hat. Diese wiederum prüft in einem Verwaltungsverfahren, bei dem Grundeigentümer innerhalb der Berechtigungsfläche Parteistellung haben, ob in erster Linie noch Sicherheitsmaßnahmen zu treffen sind, oder ob die vorgesehenen Maßnahmen als ausreichend anzusehen sind (§58 MinroG [1]). Weiters wird festgesetzt, wie lange eine regelmäßige Kontrolle des Bergbaugeländes nach der Löschung vorzunehmen ist und in welchen Bereichen und Zeiträumen noch mit dem Auftreten von Bergschäden (§160 MinroG [1]) zu rechnen ist und welche Art und welches Ausmaß diese voraussichtlich haben werden.

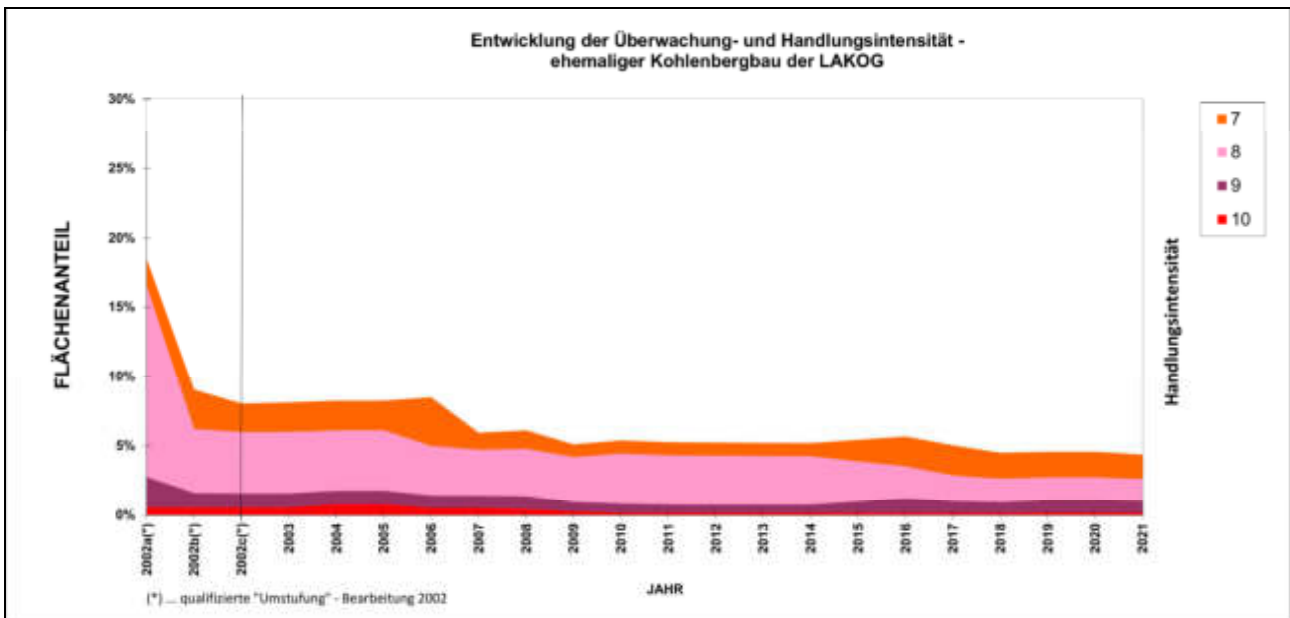


Abbildung 7: Entwicklung der Überwachungs- und Handlungsintensität ehemaliger Kohlenbergbaue der LAKOG (Handlungsintensität 7-10)

Mit der *Aktiven Verwahrung* werden vor dem Lösungsverfahren bereits Voraussetzungen geschaffen, die den bergrechtlichen Vorschriften weitgehend genügen. Von den in den Zuständigkeitsbereich der GKB fallenden 120,1 km<sup>2</sup> Berechtigungsflächen konnten seit dem Jahr 2006 insgesamt 33,6 km<sup>2</sup>, bei Berücksichtigung der vor 2006 gelöschten Berechtigungen in Summe 85,5 km<sup>2</sup> heimgesagt werden. Teilweise verblieben untergeordnete Flächen, beispielsweise Schutzbereiche für Tagesöffnungen, als Bergbauegebiet aufrecht. Diese werden in den Flächenwidmungsplänen der Gemeinden als solche ausgewiesen.

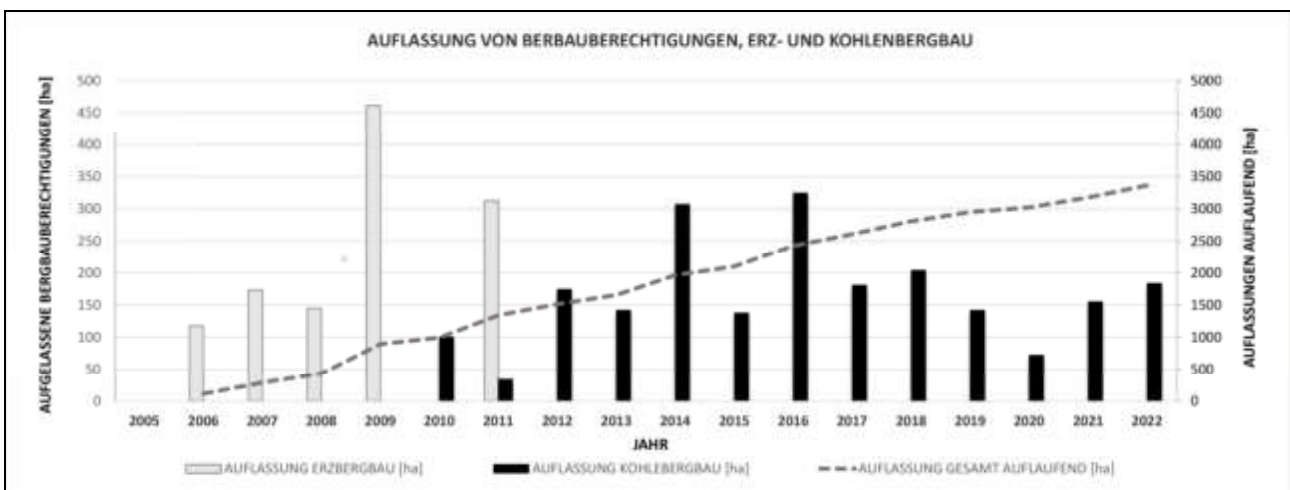


Abbildung 8: Aufgelassene Bergbauberechtigungen seit 2006



### 3. Weiterentwicklungen im Zuge der Aktiven Verwahrung

#### 3.1. Werkzeuge zur Informationsgewinnung, digitales Bergbaukartenwerk, Archivsystem

Dokumentation ist ein wesentliches Werkzeug im bergbaulichen Risikomanagement. Von Beginn an nutzte die GKB in der Verarbeitung und Archivierung von Daten den aktuellen Stand der Technik. Der Auftakt wurde mit der Digitalisierung des analogen Grubenkartenwerkes bereits Mitte der 90er-Jahre vorgenommen. Wurden davor noch analoge Karten eingesetzt, so konnte die Bergbaukarte nun mittels CAD-gestützter Software sehr einfach mit weiteren geografischen Daten verknüpft werden, um daraus einen Informationsgewinn abzuleiten. Später konnte das auf einzelnen Dateien basierende System zu einem datenbankgestützten Geoinformationssystem erweitert werden, womit der Zugriff auf externe Daten ebenfalls erleichtert wurde. Aktuell verwendet die GKB ein freies Open-Source Geoinformationssystem (GIS), dessen großer Vorteil die Betriebssystemunabhängigkeit ist.

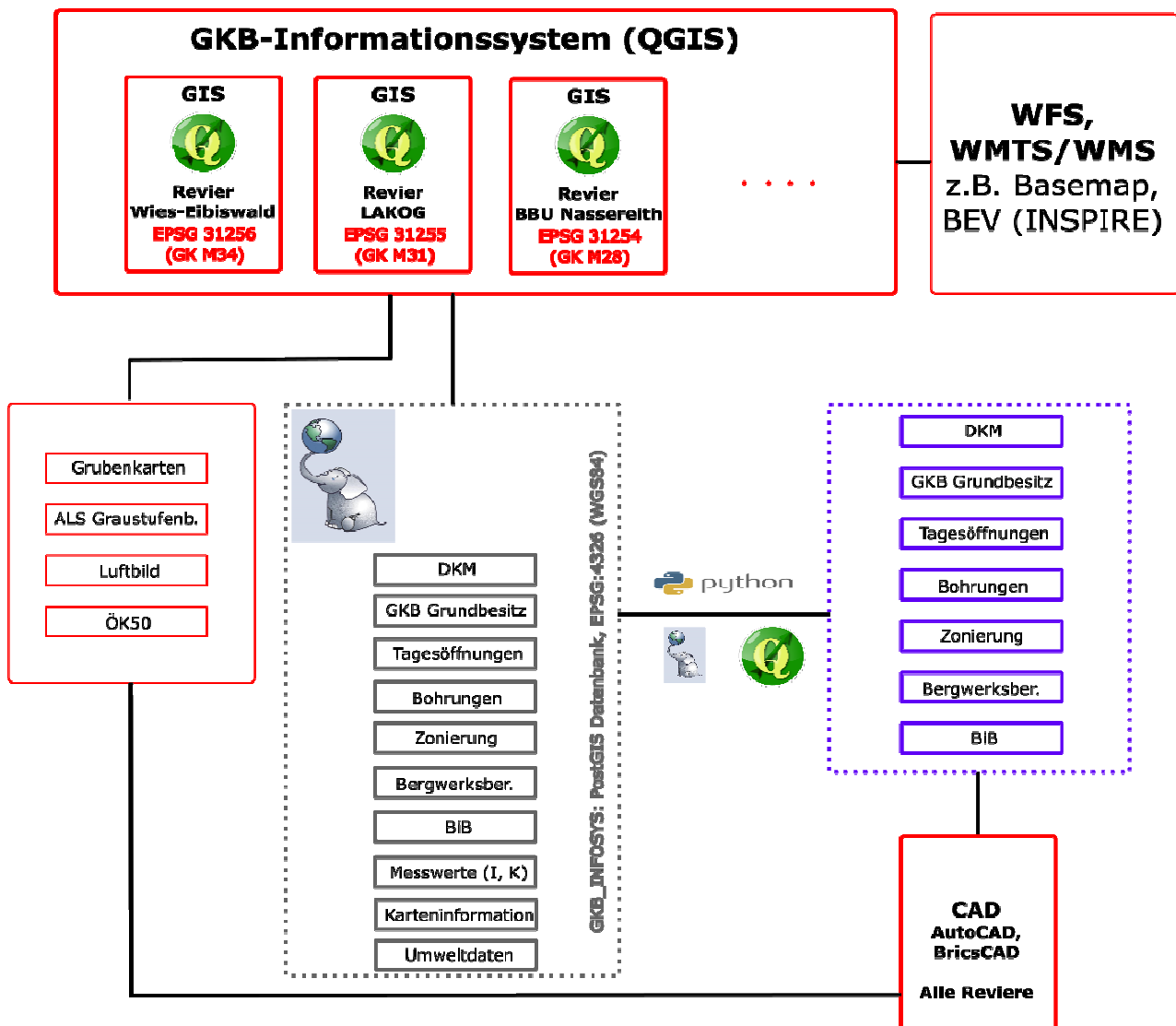


Abbildung 9: Architektur Bergbau-Geoinformationssystem der GKB-Bergbau GmbH [6]

Die volle GIS-Funktionalität kann eingesetzt werden, welche beispielsweise räumliche Abfragen und Datenverschnidungen umfasst. Auch zur Berechnung der Überwachungs- und Handlungsintensität für die einzelnen Reviere werden die Funktionen des

Geoinformationssysteme eingesetzt [7]. Maßgeschneiderte Prozeduren und Module können nach eigenen Anforderungen entwickelt und in das System implementiert werden. Datenredundanzen werden aufgrund der Datenbankarchitektur vermieden, die Datenbanktabellen werden laufend auf dem neuesten Aktualitätsstand hinsichtlich der verwendeten Daten gehalten. Der Zugriff auf externe Geodaten wird mit den unterschiedlichen Schnittstellen (WFS, WMTS/WMS, etc.) ermöglicht. Die zugrunde liegende Systemarchitektur ist in Abbildung 9 ersichtlich.

Sämtliche Dokumente (Bescheide, Posteingänge, Postausgänge, Durchführungsberichte, Sicherheitsberichte, historischer Schriftverkehr, etc.) werden im Unternehmen mit einem Dokumentenmanagementsystem (DMS) verwaltet, der Zugriff auf historische Dokumente wird ermöglicht. Das DMS speichert alle eingehenden Dokumente in einem zentralen Archiv und hinterlegt die Metadaten der Dokumente oder Dateien in einer Datenbank. Dem Anwender steht dadurch eine Schlagwortsuche zur Verfügung. Dies ermöglicht den Mitarbeitern der GKB, historisch relevante Unterlagen für ihre Arbeiten zu akquirieren. Oftmals hat sich das DMS schon bewährt und den notwendigen Informationsvorsprung für den Bergbauberechtigten, beispielsweise bei kostspieligen rechtlichen Angelegenheiten, geschaffen.

### 3.2. Versatzmaterial Stollen-SSM

Die richtige Wahl des Versatzmaterialies spielt eine wesentliche Rolle für die Stabilisierung ehemaliger tagesnaher Grubenbaue. Für Verfüllungsarbeiten in trockenen Grubenbauen gab es zu Beginn der Altbergbaunachsorgethematik der GKB bereits ausreichend bekannte und bewährte Verfahren. Zur Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im teilweise fließenden Standwasser waren die Möglichkeiten beschränkt. Bei lokal begrenzten Verfüllungsmaßnahmen wurden unterschiedliche Materialien verwendet. Zum Einsatz kamen Schotter (Kies) und teilweise Normbeton. Die eingebrachten Kieskörper haben dabei nur einen bedingten und bezogen auf das jeweilige Verfüllbohrloch lokal sehr begrenzten Nutzen im Bereich von Strecken und Streckenkreuzen. Die Betonverfüllungen konnten mit Kontrollbohrungen zwar rudimentär nachgewiesen werden, die Lage des Betonkörpers, innerhalb der teilweise auch schlammgefüllten Grubenbaue, entsprach aber nicht den Erwartungen und den verfüllten Betonvoluminas. Entmischungsvorgänge und das unkontrollierte Abwandern nach der Tiefe waren die Ursache. Unter dem Gesichtspunkt der *Aktiven Verwahrung* war es das Ziel, die nachweisgesicherte, erosions- und lagebeständige, setzungsfreie Verfüllung und somit die Stabilisierung von im Standwasser stehenden nachwirkungsrelevanten bergmännischen Hohlräumen zu bewerkstelligen. Dabei sollte das Füllgut beim Einbringen nicht unkontrolliert in tieferliegende Bereiche abwandern, die erreichte Druckfestigkeit hatte mindestens 2 N/mm<sup>2</sup> zu betragen, die Sulfatbeständigkeit des Verfüllmaterials sollte gewährleistet sein und schlussendlich sollte für die Einbringung des Füllgutes eine einfache, mobile Standardtechnologie herangezogen werden können.

In enger Zusammenarbeit mit dem projektierenden Zivilingenieur, der Firma Schwarzl und der GKB konnte in den Anfangsjahren der Altbergbausanierungstätigkeit im Zuge eines Versuchsprojektes die Wirksamkeit des eigens entwickelten Stollen-SSM [10] nachgewiesen werden. Das Versatzmaterial kann je nach Anwendungsmöglichkeit unter Zugabe von nichtwassergefährlichen chemischen Additiven und mechanisch wirkenden Zuschlagskomponenten als Dichtpfropfen zur Begrenzung des Verfüllabschnittes oder als Verfüllmaterial im eigentlichen Sinne, mit konventioneller Betonpumptechnik direkt vor Ort konditioniert und in die teils wassergefüllten Hohlräume eingebracht werden. Zur Beweissicherung wurden bei Sanierungsprojekten abschließende Kontrollkernbohrungen abgeteuft, welche den satten Anschluss des Versatzmaterials an das umgebende Gebirge

und somit einen hohen Verfüllungsgrad bestätigten. Die Erfahrung zeigte, dass im Zusammenwirken mit einem kontrollierten und sachgerechten Einbau die erosions- und lagebeständigen sowie die setzungsfreien Eigenschaften des für den Altbergbau entwickelten Stollen-SSM erst zur vollen Wirkung gelangen. In Summe wurden 33.600 m<sup>3</sup> beider Stollen-SSM-Kategorien im Zuge von Altbergbaustabilisierungsprojekten von der GKB versetzt. Abbildung 10 zeigt die schematische Darstellung der Vorgehensweise beim Versatz eines tagesnahen Grubenbaues.

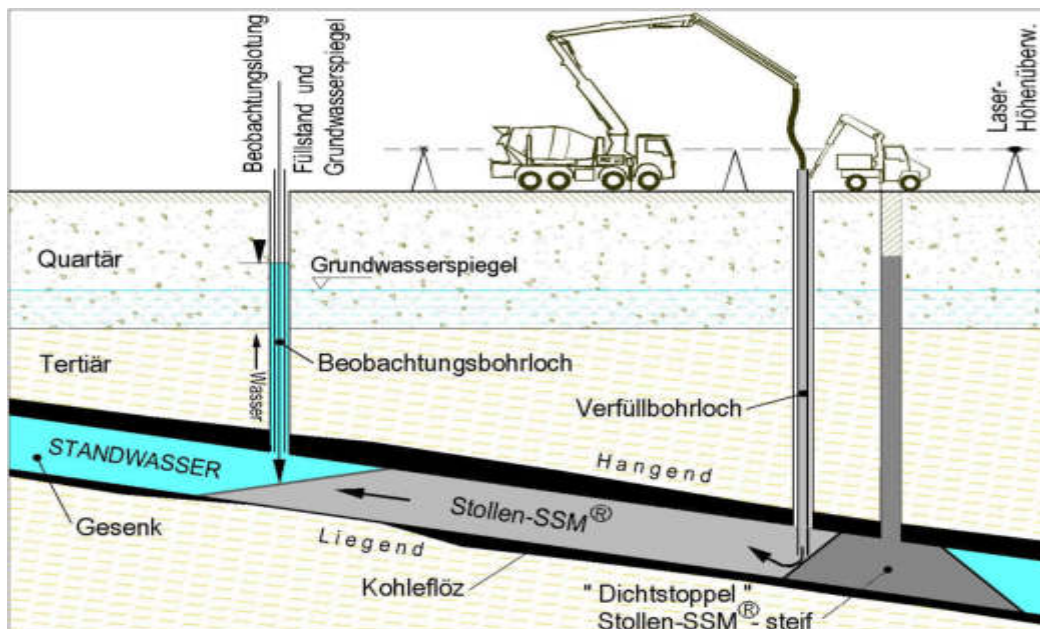


Abbildung 10: Schema der Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue mit Stollen-SSM [10]

### 3.3. Bohrfortschrittsdaten zur ergänzenden Beurteilung der tertiären Hangendschichten

Beim Abteufen von Untersuchungs- und Verfüllungsbohrungen im Rahmen der *Aktiven Verwahrung* von Altbergbauen wird beim Bohrgerät der GKB schon seit geraumer Zeit ein Datenaufzeichnungsgerät (Data-Logger) verwendet. Damit wird neben den Werten wie Spülungsdruck, Drehzahl und Anpressdruck auch der Bohrfortschritt in [mm/s] über die gesamte Bohrstrecke aufgezeichnet. Die englischsprachige Literatur bezeichnet diese Quantität als Rate of Penetration (ROP).

Bei den Untersuchungs- und Sicherungsprojekten der GKB wurden die ROP-Daten anfänglich hauptsächlich zum Nachweis des vorhandenen Bohrwiderstandes bei Kernbohrungsabschnitten mit hohen Kernverlusten herangezogen.

In der Praxis lagen nur zum Teil Bohrkern für eine visuelle Beurteilung der Gebirgsschichten vor, da zum überwiegenden Teil die Such- und Verfüllungsbohrungen als Hammerbohrungen ausgeführt wurden.

Wegen der mittlerweile für statistische Zwecke ausreichend vorhandenen Datenmenge war es naheliegend, vorerst die vorhandenen Kernstrecken im Hinblick auf die Bestimmung einer quasi-Gebirgsqualität in Anlehnung an die Ermittlung des RQD-Index [11] auszuwerten und den gemessenen ROP-Werten gegenüberzustellen. Im nächsten Schritt erfolgte die Ermittlung einer entsprechenden Funktion, sodass auch die ROP-Werte der Hammerbohrungen rechnerisch ebenfalls einer quasi-Gebirgsqualität gleichgesetzt werden können.

Da bei beiden Bohrverfahren unterschiedliche Durchmesser bzw. Querschnitte verwendet werden, ist es erforderlich einen rechnerischen Zusammenhang für Bohrfortschritt und Bohrverfahren in Verbindung mit der jeweils durchteuften Gebirgsschicht zu schaffen. Mit der statistischen Auswertung der vorhandenen Daten für die beiden Bohrverfahren wurde ein Rechenmodell entwickelt, welches erlaubt, unabhängig von der angewendeten Bohrmethode, aus den vorliegenden ROP-Werten eine brauchbare Prognose über den Zustand der tertiären Hangendschichten über den bergmännisch aufgefahrenen Hohlräumen zu generieren und damit Aussagen über die Nachwirkungsrelevanz derselben auf die Oberfläche zu machen. Über die Ableitung des Gebirgsqualitätsparameters wurde beim Altbergbaukolloquium 2019 in Leoben berichtet [12]. Abbildung 11 listet die Bandbreite des Qualitätsparameters nochmals auf.

GQ RECHENWERT VON - BIS [%]	IGQ WERT JE BOHRMETER [INTEGER]	CHARAKTERISIERUNG DER GEBIRGSQUALITÄT	BESCHREIBUNG DER SCHICHTEN	IGQ Gesamt -WERT BOHRUNG [INTEGER]	BEWERTUNG Ø IGQ - BOHRUNG
- 0	6	" Hohlraum "	bergmännische Hohlräume, mit und ohne Standwasser, Subrosionsbereiche	6	Bruch bis Obertage wahrscheinlich
> 0 - 25	5	" sehr schlecht "	Auffüllungen mit weicher bis breiger Konsistenz, Gebirgsauflösung, teilweise Hohlräume	5	Einsenkung bzw. Nachsenkung wahrscheinlich
> 25 - 50	4	" schlecht "	"Alter Mann", Verbruchzonen mit starker Auflockerung	4	Nachsenkung möglich
> 50 - 75	3	" ausreichend "	quartäre Schotter, Sand- und Kiesschichten, tertiäre Sande, keine Hohlräume	3	Gebirgsstabilität ausreichend
> 75 - 90	2	" gut "	Tertiär, sandige Schluffe und Tone, fest, teilweise brüchig, keine Auflockerungen	2	Gebirgsstabilität gut
> 90 - 100	1	" sehr gut "	feste tertiäre sandige Tone und Schluffe, Kohleflöze, Sandstein	1	Gebirgsstabilität sehr gut

**BEWERTUNG DER KERNSTRECKEN MIT TEILSTÜCKEN < 5 CM WELCHE KEINE HOHLRÄUME AUFWEISEN:**

Für quartäre Schichten, Sandschichten, Kiesschichten, leicht brüchiges Tertiär etc. wird in der Folge der Mittelwert der Klasse 50 % - 75 % ("ausreichend") also 62.5 % festgelegt!

wenn kein Auftreten von Kornflucht bzw. "Sickerfließen" zu erwarten ist :

**LEGENDE :**

	...keine Maßnahmen erforderlich
	...Maßnahmenerfordernis überprüfen
	...Maßnahmen erforderlich (Verfüllung)

Abbildung 11: Gebirgsqualität GQ, Klasseneinteilung und Bewertung [11]

### 3.4. Erfassung von Geländehöhen mittels Drohnenbefliegung zur Feststellung der Geländeänderung als Entwicklungspotential

Die GKB führt regelmäßige Befahrungen der Tagesöffnungsbereiche in Kohlenbergbaurevieren durch, um durch visuelles Monitoring bergbaulich bedingte Veränderungen des Geländes frühzeitig zu erkennen. Außerdem werden regelmäßige Befahrungen der Verdachtsflächen durchgeführt. Areale mit einer großen Überwachungs- und Handlungsintensität werden dabei in den Fokus gerückt. Aufgrund der räumlichen Ausdehnung der Verdachtsflächen können nur punktuelle Beobachtungen durchgeführt werden, ein flächendeckendes Monitoring mit terrestrischen Messverfahren würde in Bezug auf Kosten und Zeitaufwand den Rahmen sprengen.

Seit 2019 kommen versuchsweise auch moderne UAV-gestützte photogrammetrische Systeme (UAV = Unmanned Aerial Vehicle) zum Einsatz. In Verbindung mit leistungsfähiger Mehrbildauswertungssoftware kann sehr kostengünstig eine schnelle Umsetzung von Vermessungsaufgaben erreicht werden. Eine hochgenaue 3D-Punktwolke, aus der ein praktikables Geländemodell abgeleitet werden kann, sowie ein

aktuelles Orthofoto vom Befliegungsareal repräsentieren die Produkte einer derartigen Messkampagne.

Durch den Vergleich zweier Geländemodelle aus unterschiedlichen Epochen können vertikale Bodenbewegungen eruiert, und damit eine Aussage über Senkungen/Hebungen im Projektbereich getroffen werden. Zu beachten sind dabei die Genauigkeit der erhobenen Höheninformation sowie der Zeitpunkt der Durchführung des Messfluges.

Um Bodenbewegungsbereiche und anlaufende Tagesbrüche vorzeitig erfassen zu können, werden Drohnenbefliegungen in jährlichen bzw. halbjährlichen Abständen durchgeführt. Aus dem Vergleich der Geländemodelle der Referenzepoche sowie der Folgeepochen sollten sich vertikale Bodenbewegungen innerhalb eines Signifikanzbereiches über den tagesnahen Abbauen erkennen lassen. Die Charakteristik der Bodenbewegung sowie die Grubensituation ist maßgeblich, um unterscheiden zu können, ob es sich um eine bergbaulich bedingte Senkung, oder um eine Senkung mit einem anderen Hintergrund handelt. Der Länge nach ausgedehnte Einsenkungen entlang von Flurgrenzen deuten darauf hin, dass es sich um anthropogen verursachte Einsenkungen- beispielsweise durch landwirtschaftliche Arbeiten (Nr. 1 in Abbildung 12) - handelt. Kreisförmige Einsenkungen mit einem Durchmesser von bis zu 10 m über den Verdachtsflächen weisen auf eine bergbaulich bedingte Ursache hin (Nr. 2 in Abbildung 12). Um Gewissheit darüber zu erlangen, ist eine Befahrung vor Ort unumgänglich. Eine lokal konzentrierte Einsenkung kann auf ein Versagen der Geländeoberfläche als Vorankündigung für einen bevorstehenden Tagesbruch gedeutet werden ([5], Anhang 6).

Mit der Anwendung dieser Methode sollten sich lokal konzentrierte Einsenkungen eruieren lassen, um weitere Maßnahmen in die Wege zu leiten. Als Beispiel sei das aktuell laufende Untersuchungsprojekt der GKB im Bergbauggebiet der LAKOG genannt. Mittels Kern- und Hammerbohrungen wird ein Senkungsbereich in der tagesbruchgefährdeten Zone untersucht, um den Zustand der Hangendschichten über den tagesnahen Abbauen zu erkunden. Durch diese Vorgehensweise erhofft sich die GKB, Erkenntnisse über anlaufende Tagesbrüche zu erhalten.

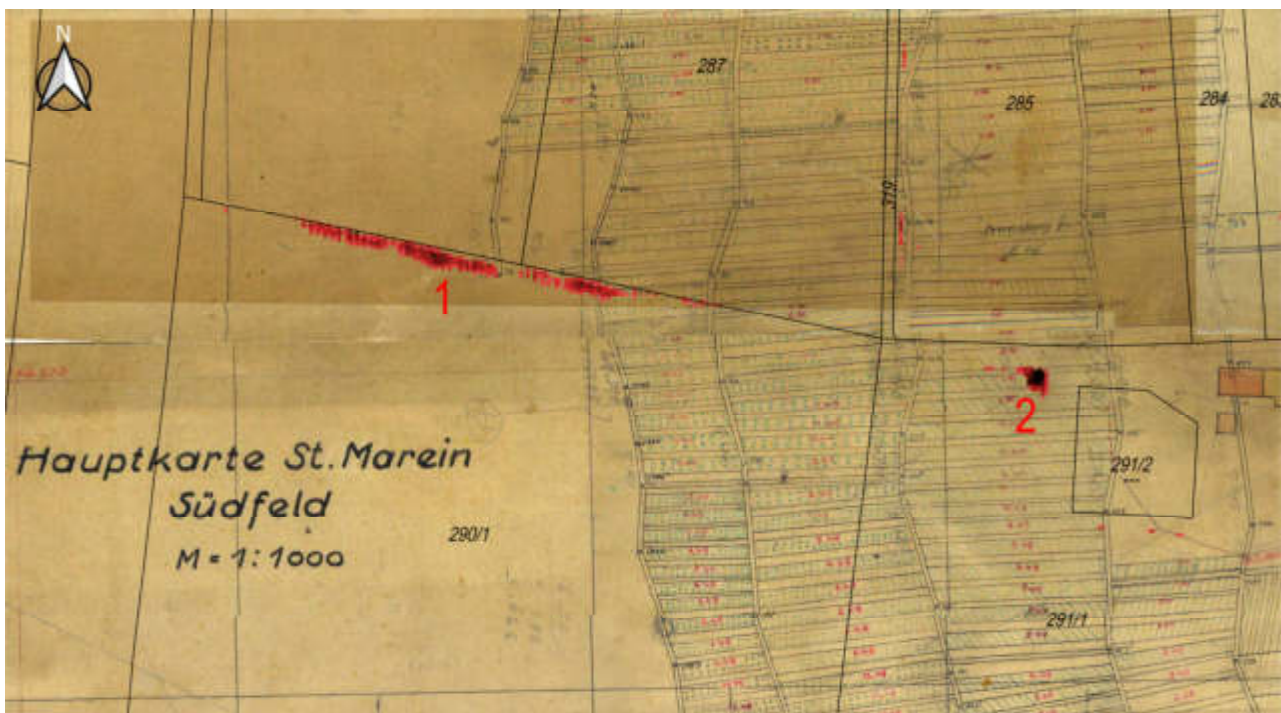


Abbildung 12: Lageskizze mit Höhendifferenzen (■ -0,2 m bis ■ -0,4 m) aus luftgestützter Photogrammetrie

## 4. Zusammenfassung und Ausblick

Ehemalige Bergbaue bedürfen einer steten Überwachung, wobei die Sicherung der Oberflächennutzung dem Bergbauberechtigten obliegt. In der Öffentlichkeit haben Bergschadensereignisse einen großen Neuigkeitswert, der zur medialen Aufarbeitung führt, die dem Image des Bergbauberechtigten nicht zuträglich ist und auch zu hohen Kosten bei Arbeiten unter medialem Druck führt.

Seit 20 Jahren konzentrieren sich die Arbeiten der GKB auf die Altbergbaunachsorge. Zahlreiche erfolgreich umgesetzte Untersuchungs- und Sicherungsprojekte belegen die Erfahrung und das Knowhow des Unternehmens. Im Laufe dieser beiden Jahrzehnte konnte die *Aktive Verwahrung* erfolgreich angewandt werden. Eine stetige Weiterentwicklung durch den Einsatz neuer Methoden und Technologien auf Basis der bisherigen Erkenntnisse ist unabdingbar. Alle Entwicklungsaktivitäten haben das Ziel, die nachwirkungsrelevanten Flächen einzuschränken und eine möglichst uneingeschränkte Nachnutzung zu ermöglichen. Auch zukünftig wird die GKB diesen Weg gehen, um Sicherheit über ehemaligen Abbaugebieten zu gewährleisten.

## Quellenangaben

- [1] MINERALROHSTOFFGESETZ – MINROG 1999: Bundesgesetz über mineralische Rohstoffe (Mineralrohstoffgesetz – MinroG), StF: BGBl. I Nr. 38/1999, i.d.l.g.F
- [2] HOLLMANN, F.; NÜRENBERG, R.: Der „tagesnahe Bergbau“ als technisches Problem bei der Durchführung von Baumaßnahmen im Niederrheinischen Steinkohlengebiet. Mitteilungen der Westfälischen Berggewerkschaftskasse 30, Bochum 1972, 39 S.
- [3] HOLLMANN, F.; MÜHLENBECK, H.: Zur Anwendung des Maximalwert (Hüllkurven)Verfahrens bei der bergschadenkundlichen Bearbeitung von Problemflächen aus oberflächennahem/tagesnahem Bergbau in Altbergbaurevieren flözartiger Lagerstätten. Bergbau 55 (2004), 344-346.
- [4] HOLLMANN, F.: Bergschadenkundliches Gutachten zum Altbergbau im Wies-Eibiswalder Glanzbraunkohlenrevier, Risikoanalyse – Risikomanagement, 94 Seiten, Bochum, 2006
- [4a] HOLLMANN, F.: Bergschadenkundliches Gutachten zum Altbergbau im Wies-Eibiswalder Glanzbraunkohlenrevier, Risikoanalyse – Risikomanagement, Abgleich 2014, 15 Seiten, Bochum, 2015
- [5] HOLLMANN, F.: Nachwirkungen des stillliegenden bergmännischen Abbaus der Lavanttaler Kohlenbergbau GesmbH (LAKOG i. L.). Bergschadenkundliches Gutachten zur Erfassung, Erkundung, Überwachung und Gefahrenabwehr der Gefährdung von Geländeoberfläche und Baugrund aus der Interessenslage der GKB-Bergbau GmbH als Inhaber der aufrechten Bergbauberechtigungen in ihrer Verantwortung nach dem Mineralrohstoffgesetz, 99 Seiten, Bochum, 2003

- [5a] HOLLMANN, F.: Abgleich der bergschadenkundlichen Erkenntnisse aus der Verwahrung der Grubenbaue der Lavanttaler Kohlenbergbau Ges.m.b.H (LAKOG i. L.) von 2003 bis 2007, 15 Seiten, Bochum, 2008
- [5b] HOLLMANN, F.: Abgleich der bergschadenkundlichen Erkenntnisse aus der Verwahrung der Grubenbaue der Lavanttaler Kohlenbergbau Ges.m.b.H (LAKOG i. L.) von 2008 bis 2013, 14 Seiten, Bochum, 2014
- [6] HOLLMANN, F.; KREMSER, F.; LANDSMANN, H.: Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Überwachung und "aktiven" Verwahrung mehrerer seit Jahrzehnten stillliegender und teilersöffener Braunkohlen-Altbergbaureviere in den Ostalpen, 8. Altbergbaukolloquium 2008 (TU Clausthal), Verlag Glückauf, Essen, 2008, S. 232 – 247
- [7] KREMSER, F.; NUSSBACHER, H. P.; TROGER, M.: GIS-Anwendung im altbergbaulichen Risikomanagement, Vortragsband zum 15. Altbergbaukolloquium, Montanuniversität Leoben, November 2015, Wagner Digitaldruck und Medien GmbH 2015
- [8] HOLLMANN, F.; KREMSER, F.; LANDSMANN, H.: Altbergbau in den Braunkohlenrevieren der Ostalpen unter den bergrechtlichen Randbedingungen der Republik Österreich. Schriftenreihe der GDMB Gesellschaft für Bergbau, Metallurgie, Rohstoff- und Umwelttechnik Heft 97, 2003, S. 87 – 106
- [9] ARBEITSKREIS 4.6 "ALTBERGBAU": Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung, Bewertung und Sanierung von altbergbaulichen Anlagen, Empfehlungen des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau“, DGGT, DGGV, DMV, Ernst & Sohn, 2020
- [10] BELETZ, O.; LANDSMANN, H.; PINTARITSCH, E.; PODHRASKI, F.: Stabilisierung tagesnaher Grubenbaue im Standwasser mit Schwarzl Stollen-SSM®. Vortragsband zum 4. Altbergbaukolloquium, Montanuniversität Leoben, 4.-6. November 2004, Verlag Glückauf, Essen 2004
- [11] DEERE, D. U.; DEERE, D. W.: "The Rock Quality Designation (RQD) Index in Practice, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, 1988, pp. 91-101
- [12] KREMSER, F.; TROGER, M.: Ergänzende Beurteilung des Zustandes der tertiären Hangendschichten über bergmännisch aufgefahrenen Hohlräumen und Abbaubereichen mit Hilfe der Auswertung von aufgezeichneten Bohrfortschrittsdaten – Rate of Penetration (ROP), Vortragsband zum 19. Altbergbaukolloquium 2019 (Montanuniversität Leoben), Wagner Digitaldruck, Nossen, Seiten 19 – 37