

# **Geotechnisch-markscheiderische Risikobewertungen von Bereichen des Wismutaltbergbaues im Marienberger Revier**

**Areas of geotechnical-mine surveyor risk evaluation at the Marienberg mining  
district**

**Dr.-Ing. habil. Günter Meier <sup>1)</sup>  
Dipl.-Chem. Jochen Schreyer <sup>2)</sup>  
Dipl.-Ing. Falk Seliger <sup>3)</sup>**

<sup>1, 3)</sup> Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Wegfarth/Freiberg

<sup>2)</sup> Wismut GmbH, Projektträger Wismut-Altstandorte, Chemnitz

## **Zusammenfassung**

*Im Bereich des Marienberger Bergbaureviers erfolgte von 1947 bis 1954 durch die SAG Wismut teilweise sehr tagesnaher Uranerzbergbau. Im Rahmen einer geotechnisch-markscheiderischen Bewertung von drei Schwerpunktbereichen wurden eine differenzierte Risikoanalyse an den altbergbaulichen Hinterlassenschaften durchgeführt und Schlussfolgerungen für eine Grubenbauerkundung und –verwahrung gezogen. Aufbauend auf den verfügbaren Unterlagen, der regionalen Geo- und Bergbausituation, den Ergebnissen der Vermessungs- und Dokumentationsarbeiten wurden ein neues markscheiderisches Risswerk erarbeitet und Risikoklassen für die erfassten Altbergbauobjekte vergeben.*

## **Summary**

*Starting from 1947 up until 1954 the SAG Wismut partially executed the mining of uranium ore very close to the surface at the Marienberg mining district. Within a geotechnical - mine surveyor evaluation of three areas of main focus a differentiated risk assessment was implemented on the early mining legacy, and conclusions were drawn for investigation and safekeeping of mine workings. Drawn on available documentation of the regional geological and mining situation, the results of surveying and documentation work, new specific mining plans were worked out and categories of risk were assigned to record projects of early mining in a differentiated manner.*

## **1. Aufgabenstellung und Grundlagenbewertung**

Im historischen Bergbaurevier Marienberg (Erzgebirge) wurden durch die SAG Wismut zwischen 1947 und 1954 bergmännische Erkundungs- und Gewinnungsarbeiten auf Uranerze ausgeführt. Dabei kam es an vielen Stellen zu einer tiefgründigen Überprägung des alten Silberbergbaues. Nach der Einstellung der bergmännischen Arbeiten wurden die vorhandenen Tagesöffnungen nur unzureichend gesichert. Vor allem die Tages- und Schurfschächte sowie die bis zur Tagesoberfläche „durchgeschossenen“ Überhauen bilden ein erhebliches Risiko für die öffentliche Sicherheit. Die sehr tagesnahen Grubenbaue, wie Strecken, Stollen und Abbaue, insbesondere die bis zur Tagesoberfläche führenden Abbaue, sind schadensrelevant. Das Ziel der durchgeführten Bewertungen und Analysen bestand in der Identifizierung und Klassifizierung von notwendigen Erkundungs- und Verwahrungsmaßnahmen.

men. Das Ergebnis der Untersuchungen soll eine Entscheidungsgrundlage für die Umsetzung der Maßnahmen im Rahmen des Verwaltungsabkommens Wismut-Altstandorte bilden [SCHREYER 2007]). Im Auftrag der Wismut GmbH wurden die erforderlichen geotechnisch-markscheiderischen Arbeiten ausgeführt.

Ausgehend von der bekannten territorialen Verteilung der altbergbaulichen Hinterlassenschaften des Wismutaltbergbaues im Revier wurden drei altbergbaulich beeinflusste Gebiete als Bearbeitungsschwerpunkte ausgegrenzt.

- Abbaufeld Schacht 137, Wolkenstein
- Abbaufeld Schächte 44, 48 und 238, Geringswalde
- Abbaufeld Schächte 45 und 139, Lauta

Die inhaltlichen Schwerpunkte bei der Umsetzung der geotechnisch-markscheiderischen Bewertung der altbergbaulichen Risiken konzentrierten sich auf folgende Aufgaben:

- Recherchen und Auswertung von historischen Grubenrissen und Akten
- Klärung nutzungsbezogener Randbedingungen
- Partielle Vermessungen und Anfertigung risslicher Unterlagen
- Dokumentation der von der SAG Wismut aufgefahrenen oder nachgenutzten Grubenbauen und deren Schadensbilder
- Geotechnisch-markscheiderische Bewertung und Ausweisung von Risikoklassen
- Erarbeitung eines Planungskonzeptes für die Erkundung und Sanierung mit Kostenschätzung

Im Rahmen der durchgeführten Recherchen und Auswertung von historischen Grubenrissen und Akten erfolgte stets eine Analyse ihrer Wertigkeit. Die aktuellen topografischen und geologischen Karten wurden eingearbeitet. Ebenfalls standen standortsbezogene Orthophotos, digitalisierte Flurstückskarten und die Liste der Grundstückseigentümer zur Verfügung. Insgesamt wurden 102 Grubenrisse des Alt-Wismutbergbaues und 21 Aktenordner sowie Literaturstellen gesichtet und ausgewertet. Die Qualität der historischen markscheiderischen Risse ist im Allgemeinen als gut einzuschätzen. Bei der Georeferenzierung konnten nur geringe Abweichungen festgestellt werden. Inwieweit in den Schnitten der letzte Auffahrungsstand von Überhauen und Abbauen dargestellt wurde, lässt sich nicht nachvollziehen. Auf der Grundlage vergleichbarer Auswertungen von Grubenbauen der SAG Wismut kann davon ausgegangen werden, dass der letzte Auffahrungsstand zumeist fehlt. Im Risswerk der SAG Wismut ist neben den Wismutgrubenbauen auch historischer Silberbergbau teilweise enthalten. Anhand der unterschiedlichen Darstellungsweise ist hier jedoch eine relativ eindeutige Unterscheidung möglich.

## **2. Nutzung der Tagesoberfläche und lagerstättenkundliche Situation**

Die wellige Mittelgebirgslandschaft des Untersuchungsgebietes in einer Höhenlage zwischen 400 und 700 m wird größtenteils land- und forstwirtschaftlich genutzt. Kleinere Ortslagen, Streusiedlungen und Einzelgehöfte charakterisieren die Bebauung. Die Bundesstraßen B 171 und B 174 sowie mehrere Staats- und Kreisstraßen durchschneiden das Untersuchungsgebiet. Flächen mit natur- und denkmalschutzwürdigen Objekten und Flächen sind nicht ausgewiesen. Es existieren jedoch ein Trinkwasser-einzugsgebiet, eine Schutzzone B des Heilquellenschutzgebietes für die Thermalwassernutzung in Warmbad und ein Bewilligungsfeld „Erdwärme Marienberg“.

Im Untersuchungsgebiet stehen oberproterozoische Gneise (Graugneise) an. Die Ganglagerstätte Marienberg wird durch eine Vergitterung von NW-SE und NE-SW

streichenden, steil einfallenden Gangsystemen durchzogen. Die Mächtigkeiten der NW-SE streichenden Gänge schwanken zwischen 2 cm und 1,5 m, wobei häufig Apophysen, Bogentrümer und Scharungen auftreten. Im Streichen sind diese Strukturen sehr aushaltend. Sie lassen sich in ihrer Erstreckung teilweise über mehrere Kilometer verfolgen. Die NE-SW orientierten Gänge erreichen Mächtigkeiten zwischen 0,2 bis 2 m und sind bis zu 5 km verfolgbar. Charakteristisch für die Lagerstätte sind noch flach einfallende Störungen, die häufig als Mylonitisierungszonen auf kohlenstoff- und glimmerreichen Gneisen ausgebildet sind. An diese Zonen sind Polymetall-, Uran- und Silbermineralisation gebunden. Die Uranerze bildeten 1 bis 10 cm mächtige Linsen auf den Gangstrukturen.

Durch die umfangreichen bergbaulichen Auffahrungen existiert kein zusammenhängender Bergwasserspiegel. Durch mehrere Entwässerungstollen in unterschiedlichen Niveaus in den Tälern weisen die Abbaufelder differenzierte Wasserstände auf. Unterhalb der Stollensohlen sind die Grubenbaue wassererfüllt.

### **3. Kurzer historischer Abriss zum Wismutaltbergbau**

Die Marienberger Lagerstätte kann auf alte Bergbauaktivitäten zurückblicken. Bereits um 1300 begann der Silber- und Zinnbergbau in der Umgebung von Wolkenstein. Der große Silberfund nordöstlich von Marienberg 1519 führte 1521 zur Stadtgründung von Marienberg. Im Jahr 1904 endete der Silberbergbau im Marienberger Revier.

Auf der Grundlage umfangreicher Recherchen wurde im Dezember 1946 in einem Gutachten der Bergakademie Freiberg nachgewiesen, dass Uranerze im Marienberger Revier vorkommen. Im Februar 1947 begannen die bergmännischen Erkundungsarbeiten im Rudolph Schacht bei Lauta. Gleichzeitig wurden sämtliche Halden des historischen Silberbergbaues radiologisch bemustert. Anschließend erfolgte eine detaillierte Untersuchung von 380 Halden durch Schurfgräben, Schurfschächte und Bohrungen. Alte Grubenbaue wurden ebenfalls aufgewältigt. Die Lagerstätte Marienberg erhielt die Bezeichnung: Bergbau-, Bau- und Erkundungsobjekt 05, das in einzelne Reviere eingeteilt war.

- Revier Nr. 1 – Rudolph Schacht
- Revier Nr. 2 – Wolkenstein
- Revier Nr. 3 – Drei Brüder
- Revier Nr. 4 – Palmbaum
- Revier Nr. 5 – Gottes Vertrauen

Der Nachweis von abbauwürdigem Uranerz konnte für die Reviere Nr. 3 und 4 trotz mehrjähriger Erkundungsarbeiten nicht erbracht werden.

Parallel zu den bergmännischen Prospektionen wurde eine flächendeckende geophysikalische Erkundung durchgeführt. Im Ergebnis der Haldenuntersuchungen wurden einige alte Halden umgelagert und Uranerz selektiert. Die wichtigen Entwässerungstollen des Silberbergbaues wurden ab dem Sommer 1947 aufgewältigt. Der Abbau von Uranerz konnte bereits Ende 1948 begonnen werden. Dazu wurden alte Schächte vorgerichtet und auch neue Schächte abgeteuft. Die intensive bergbauliche Tätigkeit führte zu teils sehr tagesnahem Abbau mit zahlreichen Tagesöffnungen in Form von Schächten, Schürfen, Abbaugräben und Durchhieben. Zahlreiche Tagesbrüche („Einsturzstellen“) über den Abbauen und Schächten des Silberbergbaues sind risslich belegt. Insgesamt wurde eine Fläche von 351 km<sup>2</sup> erkundet. Aktiver Bergbau erfolgte auf einer Fläche von 7,5 km<sup>2</sup>.

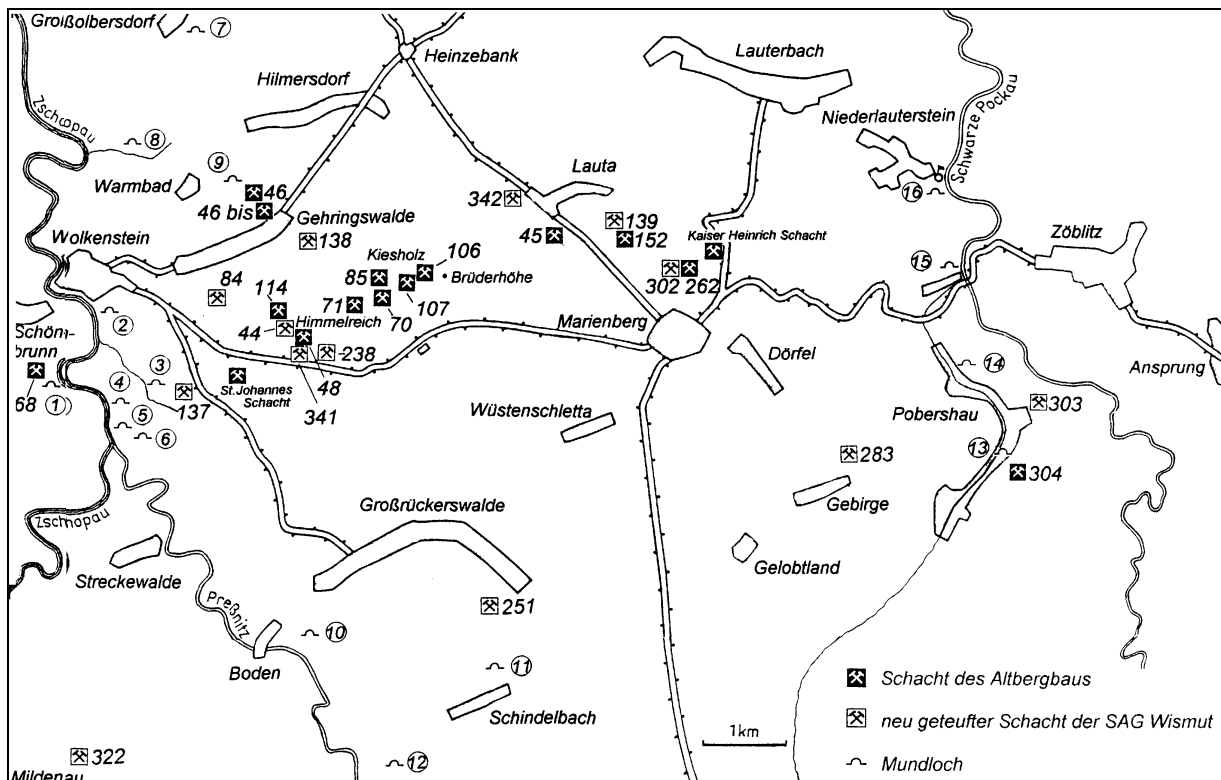


Bild 1: Bergbauliche Situation im Marienberger Revier [Chronik der Wismut 1999]

Nach dem Rückgang der Urangewinnung in den Lagerstätte Marienberg erfolgte 1952 eine Zuordnung des Objektes 5 zum Objekt 111 und die Verwaltungszentrale wurde nach Annaberg-Buchholz verlegt. Etappenweise wurde der Abbau im Revier in den Jahren 1953 und 1954 eingestellt. Im November 1954 endete der Bergbau der SAG Wismut in der Lagerstätte Marienberg. Von 1955 bis 1958 kam es versuchsweise zu einem Flussspatbergbau.

#### 4. Markscheiderische Arbeiten und geotechnische Dokumentationen

Als Grundlage für die geotechnisch-markscheiderische Risikobewertung wurde ein bergmännisches Risswerk im Lagesystem des Freistaates Sachsen erstellt. Die Katastersituation wurde als Auszug aus der automatischen Liegenschaftskarte in das Risswerk übernommen. Der Topographischen Kartenausschnitt 1 : 10 000 und die Luftbilder (Orthofotos) wurden im Risswerk hinterlegt. Aufgrund der getrennten Lage der drei separaten Abbaubereiche kam ein freier Blattschnitt zur Anwendung.

Die Bergbausituation wurde vom Risswerk der SAG Wismut übernommen. Grundsätzlich wurden dazu die Grundrisse im Maßstab 1 : 1 000 genutzt und nur partiell durch die Grundrisse im Maßstab 1 : 2 000 ergänzt. Bevor die Grubenbaue digitalisiert werden konnten, mussten die gescannten Rissplatten über die Koordinatenkreuze mittels affiner Transformation entzerrt und georeferenziert werden. Es wurden alle Grubenbaue zwischen der tiefsten Entwässerungssohle der Abbaufelder und der Tagesoberfläche digitalisiert. Schrägauffahrungen in dieser Gebirgszone, wie Überhauen, Gesenke und insbesondere Abbaue, die größtenteils nicht in den Grundrissen abgebildet waren, wurden aus den Flach- und Seigerrissen der SAG Wismut abgegriffen und in das aktuelle Risswerk eingefügt. Die Seigerrisse wurden über die vorhandenen Höhenlinien und die Flachrisse über einzelne Höhenknoten an den Strecken und der Tagesoberfläche entzerrt. Bei der Erstellung der Schnitte wurden

die aktuellen Schadstellen und Verwahrungen in die Schnittrisse eingefügt und partiell mittels eines Bildbearbeitungsprogrammes angepasst. Es wurden 20 Verwahrungsdokumentationen gescannt, georeferenziert und digitalisiert. Vereinzelt lagen nur lokale Aufmessungen ohne Koordinatenbezug vor, wodurch eine höhen- und lagemäßige Einpassung nur über die digitalisierten Grubenbaue möglich war.

Zum Anschluss der Bergbaurelikte wurden im Gelände Festpunkte des Landesvermessungsamtes Sachsen genutzt. Bei der tachymetrischen Aufnahme erfolgte eine detaillierte Erfassung der sichtbaren Schadstellen und Erscheinungsbilder, wie Tagesbrüche, Senkungen, Mundlöcher, Schächte und Tagesüberhauen einschließlich der Umzäunungen. Der Vergleich der vermessungstechnischen Aufnahme mit dem historischen Risswerk ergab eine sehr gute Übereinstimmung. Die Toleranzen der Abweichungen lagen punktuell im dm-Bereich.

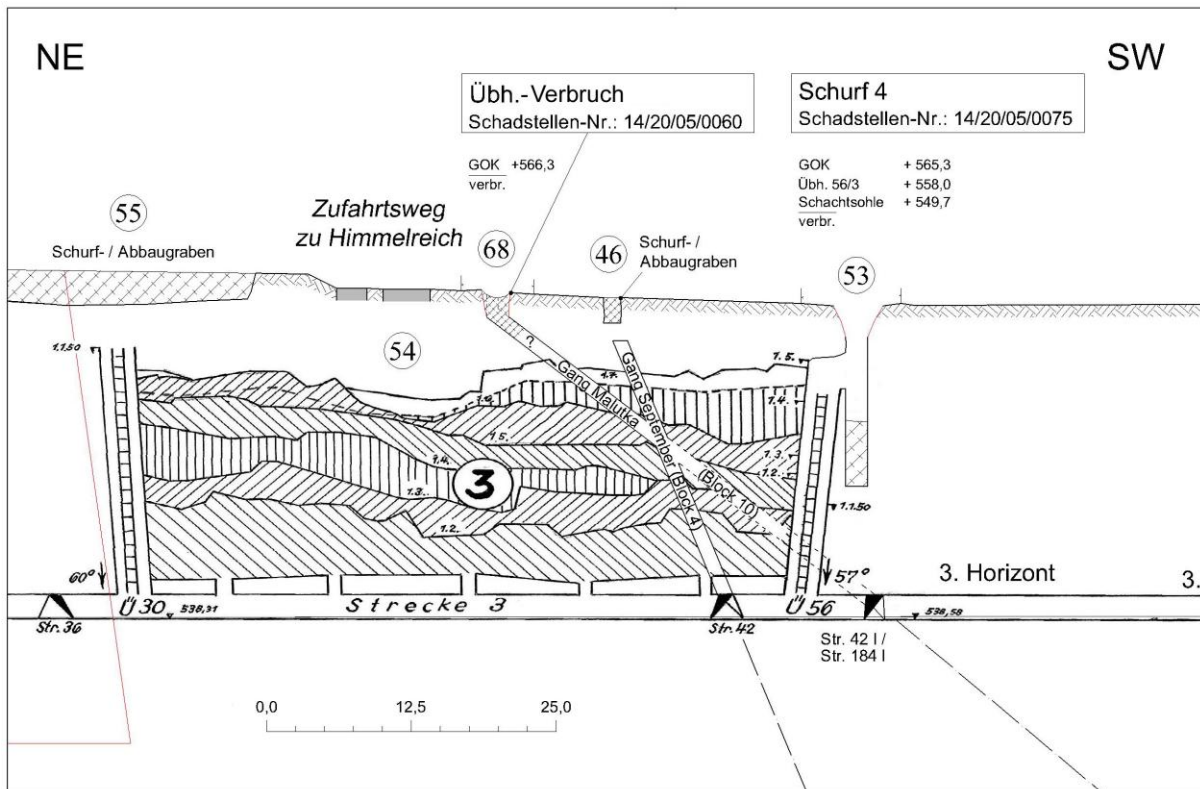


Bild 2: Ausschnitt vom Schnitt Gang Kapris, Abbaufeld 44, 48 und 238

Auf der Grundlage der erstellten markscheiderischen Risse wurden in den drei Untersuchungsgebieten systematische geotechnische Dokumentationen an den Bergbaurelikten und insbesondere auch an den Schadensbereichen durchgeführt. Zur Vervollständigung der ingenieurgeologischen Aufnahmen und der Bestimmung bergschadenkundlicher Kenngrößen erfolgte eine umfassende fotografische Dokumentation der altbergbaulichen Hinterlassenschaften.

## 5. Abgrenzung der Einwirkungsbereiche und Umfänge erfasster altbergbaulich bedingter Erscheinungsbilder

Die Einwirkungsbereiche umgrenzen die Flächen, in denen eine nachteilige Beeinflussung oder eine Beeinträchtigung der Tagesoberfläche durch den

Wismutaltbergbau zukünftig nicht ausgeschlossen werden kann. Altbergbau vor 1945 wurde nicht berücksichtigt. Die Grenzen der Einwirkungsbereiche leiten sich aus den Ergebnissen der geotechnisch-markscheiderischen Dokumentation, der Auswertung von bekannten Schadensereignissen und aus Erfahrungswerten ab. Dabei wurden auch die differenzierten Bruch- und Deformationsprozesse über den Abbauen und Strecken sowie in den Schächten berücksichtigt.

Die Einwirkungsbereiche über den Abbauen sind grundsätzlich an den Gangausbiss gebunden. Da detaillierte Angaben zum Gangverlauf und zum letzten Abbaustand fehlen, wurden die Gangausbisslinien und somit auch die Einwirkungsbereiche nach dem generellen Einfallen und Streichen der Gänge konstruiert. Grundsätzlich wurde davon ausgegangen, dass die Deformationen unmittelbar über dem Ausbiss und im Hangenden der Gangstrukturen erfolgen. Unter Berücksichtigung des Einfallens bzw. der Abbaue wurden die Einwirkungsbereiche mit einer Breite von 10 bzw. 15 m angesetzt. Im Liegenden wurde ein Abstand von 2 m zur Ausbisslinie gewählt.



*Bild 3: Teilverbrochene Abbühnung aus Schienen und Holz im Tagesüberhauen „Gesenk 20“, Abbaufeld Schacht 137*

Ausgehend von der relativ tagesnahen Lage der Felslinie und von den bekannten Schadensbildern wurde bei Tagesschächten und Tagesüberhauen im Bereich der Schachtröhre ein Einwirkungsbereich von 10 m Durchmesser zugrunde gelegt. Bei vorhandenen Verbrüchen und Pingen richtete sich der Einwirkungsbereich nach den Abmessungen der Schadstelle.



*Bild 4: Der Schurf 23 (Abbaufeld Schacht 137) ist bis in 17 m Tiefe leerstehend.*

Bezüglich der drei Bearbeitungsbereiche wurden folgende Umfänge von altbergbaulich bedingten Erscheinungsbildern ausgewiesen:

- 7 Stollenmundlöcher
- 1 894 lfd. m durchgebauter und tagesnaher Gangabbau (Bild 2)
- 39 Tagesschächte und Tagesüberhauen (Bilder 3 und 4)
- 48 tagesnahe Überhauen
- 91 lfd. m tagesnahe Strecken

## **6. Risikoanalyse**

Im Rahmen der weiteren Bearbeitung wurden die Risiken der altbergbaulich bedingten Einwirkungsbereiche quantifiziert und hinsichtlich des Grenzzrisikos bewertet. Die Basis dazu bildete die Empfehlung des Arbeitskreises 4.6 „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung“ [MEIER et al. (2004)]. Auf der Grundlage der Risikodefinition gilt es dabei, die Inhalte des Grenzzrisikos zu bestimmen. Im Bild 5 sind die Zusammenhänge zwischen Restrisiko, Grenzzrisiko und Ausgangsrisiko grafisch dargestellt.

Nach der Identifikation der vom Altbergbau ausgehenden unerwünschten Ereignisse wurden in Abhängigkeit von der Eintrittswahrscheinlichkeit und vom Schadensausmaß die Risikoklassen ermittelt. Dazu wurden die in der Empfehlung ausgewiesenen Bewertungstabellen genutzt. Jedoch erfolgte eine geringfügige Anpassung der Bewertungsvorlage auf die spezifischen Gegebenheiten des Wismutaltbergbaues. In der Tabelle 1 sind die inhaltlichen Schwerpunktbeziehungen zwischen den Risikoklassen und den ingenieur- und bergtechnischen Maßnahmen zusammengefasst.

Tabelle 1: Grundsätzliche Beziehungen zwischen den charakteristischen Inhalten der Risikoklassen und ingenieur- sowie bergtechnischen Maßnahmen

Sicherheit	Risikoklasse	Charakteristik	Ingenieurtechnische Leistungen	Bergtechnische Leistungen
„unsicher“	I (rot)	Sehr hohes Risiko (zeitnaher bzw. umgehender Handlungsbedarf)	Zeitnahe bzw. umgehende Leistungen zur Erkundung, Bewertung und zur Durchführung von bergtechnischen Arbeiten sowie operative baubegleitende Leistungen	Zeitnahe bzw. umgehende bergtechnische Arbeiten zur Erkundung, dauerhaften Sicherung oder/und Verwahrung,
	II (gelb)	Sehr hohes Risiko (planmäßiger Handlungsbedarf)	Planmäßige Leistungen zur Erkundung, Bewertung und Durchführung der bergtechnischen Arbeiten sowie Baubegleitung	Planmäßige bergtechnische Arbeiten zur Erkundung, dauerhaften Sicherung oder/und Verwahrung
	III (grün)	Hohes bis mittleres Risiko mit Klärungsbedarf, intensives Monitoring (Klärungsbedarf)	Planung und Durchführung von Monitoring und von geotechnisch-markscheiderischen Erkundungen und Bewertungen, planmäßige Leistungen zur Durchführung von bergtechnischen Arbeiten sowie Baubegleitung	Planmäßige bergtechnische Maßnahmen zur Erkundung und Bewertung; dauerhaften Sicherung oder/und Verwahrung, Maßnahmen gemäß der Erkundungs- und Bewertungsergebnisse
Grenzrisiko	IV (blau)	Dauerhaft gesicherte Objekte, Verbleib des altbergbaulich bedingten Restrisikos, keine Nutzungseinschränkung gemäß der Aufgabe der dauerhaften Sicherung (Monitoringbedarf)	Periodische Kontrollen in größeren Zeitintervallen (Monitoring)	Bei Bedarf Wartung und Unterhaltung der dauerhaften Sicherung und Monitoringanlage
	ohne	Verwahrt nach dem Stand der Technik, Verbleib des altbergbaulich bedingten Restrisikos, keine Nutzungseinschränkung gemäß des Verwahrungszieles	Nur in Sonderfällen Kontrolle des Verwahrungszustandes	Keine Maßnahmen erforderlich
„sicher“				

Bei der Zuordnung der Risikoklassen zu den einzelnen altbergbaulich bedingten Erscheinungsbildern fand die Bewertung des Schadensausmaßes eine besondere Beachtung. Bei einer Nutzungsänderung, z. B. Neubau von Verkehrswegen, macht sich grundsätzlich eine Neubewertung notwendig. Eine Risikobewertung ist stets datumsbezogen.



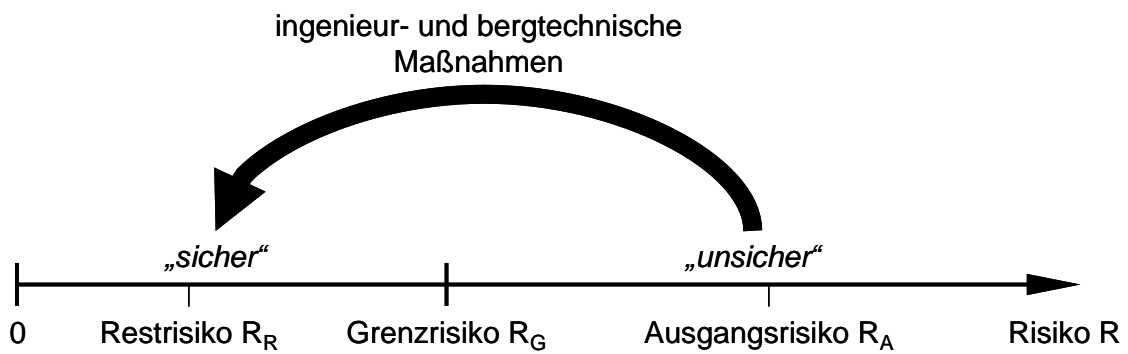


Bild 5: Zusammenhang zwischen Restrisiko, Grenzzisiko und Ausgangsrisiko

Die Bewertung der Eintrittswahrscheinlichkeit eines „unerwünschten“ Ereignisses basierte insbesondere auf der Einbeziehung der bereits eingetretenen und noch zu erwartenden Bruch- und Deformationsprozesse an den altbergbaulichen Hinterlassenschaften. Die spezifischen Probleme des Wismutaltbergbaues, wie die „Holzproblematik“ und eingesetzte Auffahrungs- und Abbautechnologien, wurden berücksichtigt [MEIER 2006].

Die Grenzen der einzelnen Risikoklassen resultierten aus den Einwirkungsbereichen, die sich aus der beeinflussten Zone bei einem Verbruch oder Deformation des Grubenbaues an der Tagesoberfläche ergeben. Anhand von fortlaufenden Positionsnummern an den einzelnen Erscheinungsbildern erfolgte eine textliche Beschreibung der geotechnisch-markscheiderischen Situation. Im Risswerk wurden die Einwirkungsbereiche gemäß den Risikoklassen über den tagesnahen und schadensrelevanten Grubenbauen mit exakten Höhenbezügen grafisch dargestellt.

Die Verteilung der Risikoklassen in den Untersuchungsgebieten ist in der Tabelle 2 erfasst.

Tabelle 2: Verteilung der Risikoklassen

Untersuchungsgebiet	Risiko- klasse I	Risiko- klasse II	Risiko- klasse III	Risiko- klasse IV
Abbaufeld Schacht 137, Wolkenstein	7	13	8	6
Abbaufeld Schächte 44, 48 und 238, Geringswalde	5	21	34	11
Abbaufeld Schächte 45 und 139, Lauta	1	0	1	3
Gesamt	13	34	43	20

Insgesamt konnten in den drei Untersuchungsgebieten 90 Objekte ausgegliedert werden, die ein Risikopotential über dem Grenzzisiko aufweisen (Risikoklasse I bis III). Im Abbaufeld Schächte 44, 48 und 238 (Geringswalde) konzentrieren sich die schadensrelevanten Altbergbauobjekte, was durch die zahlreichen sehr tagesnahen Auffahrungen, insbesondere von Gangabbauen, bedingt ist. Im Abbaufeld Schächte 45 und 139 (Lauta) weisen nur die Tagesschächte ein erhöhtes Risiko auf, da die

Abbaue der SAG Wismut größtenteils unter dem Niveau der Stollenentwässerung (Weißtaubner Stollen) und somit überwiegend tiefer als 100 m unter der Tagesoberfläche liegen.

## 7. Schlussfolgerungen für die Grubenbauerkundung und -verwahrung

Für die Risikoklassen I bis III ist eine Bearbeitung zur Vermeidung allgemeinschädlicher Einwirkungen sowie zur Gewährleistung der öffentlichen Sicherheit an der Tagesoberfläche unumgänglich. Aus der Differenzierung der Risikoklassen ergibt sich auch die Reihenfolge der Bearbeitung („Prioritätenliste“). Unter Berücksichtigung des zur Verfügung stehenden Finanzrahmens, der Geländenutzung und kommunaler sowie regionaler Entwicklungsziele wurden die bergtechnischen Maßnahmen in eine dauerhafte Sicherung und Verwahrung der ausgewiesenen Objekte gegliedert. Grundsätzlich ist bei allen bergtechnischen Maßnahmen an Altbergbaurelikten die effiziente Einheit von Erkundung und Sanierung zu beachten, die ebenfalls eine geotechnisch-markscheiderische Betreuung aller Maßnahmen beinhaltet.

In **bebauten und infrastrukturell genutzten Gebieten** sollten Verwahrungsmaßnahmen den Vorzug erhalten, um schadenswirksame Deformationen und nachteilige Einwirkungen auf die Tagesoberfläche langzeitwirksam auszuschließen. Im Allgemeinen beinhaltet die Verwahrung den Einbau eines dauerstandsicheren und langzeitstabilen Verwahrungskörpers in einem nachgewiesenen standsicheren und ingenieurgeologisch abgenommenen Verwahrungshorizont [MEIER 2007]. In den untersuchten Abbaufeldern der Lagerstätte Marienberg herrschen Tagesschächte, Tagesüberhauen und tagesnahe Gangabbau vor, die vor allem in den standfesten Gneisen aufgefahren wurden. Plomben-, pfpfen- und keilartige Verwahrungskörper aus Beton sind als Verwahrungselemente deshalb zu empfehlen. Bei Bedarf können diese Elemente in den tagesnahen Gangabbauen auch riegelartig ausgebildet werden. Nach den Erfahrungswerten aus dem Marienberger Revier ist der Verwahrungshorizont in einer Tiefe von ca. 15 m zu erwarten, jedoch sollten ingenieurgeologische Detailuntersuchungen stets vorangestellt werden.

Auf **landwirtschaftlich genutzten Flächen** sollten die bergtechnischen Maßnahmen ein sicheres Begehen und Befahren mit Maschinen ermöglichen. Für ein großflächiges und sicheres Bewirtschaften sind auch Haldenreste und Absperrungen zu beseitigen. In Abhängigkeit von den objektspezifischen Gegebenheiten wird eine dauerhafte Sicherung oder Verwahrung der tagesnahen Grubenbaue empfohlen. Tagesschächte, Schurfschächte und Überhauen sind durch Betonplomben zu verwahren. Abbaue und Strecken sind bohrtechnisch zu erkunden und zu bewerten. Grundsätzlich sollten verbliebene Hohlräume im tagesnahen Bereich mit geeignetem Material verfüllt werden.

In **forstwirtschaftlich genutzten Bereichen und ungenutzten Arealen** (Brachflächen und Halden), auf denen auch künftig Deformationen unterschiedlichen Ausmaßes als hinnehmbar bzw. vertretbar zugelassen werden, wird eine dauerhafte Sicherung vorgesehen. Es wird empfohlen, die vorhandenen Deformationen, Verbrüche und leerstehenden Tagesschächte sowie Überhauen von übertage mit Haldenmaterial zu verfüllen. Diese Verfüllbereiche sind ca. 1 bis 1,5 m aufzuhügeln, um auftretende Sackungen, verursacht z. B. durch Suffosion oder Holzvolumenschwund, auszugleichen. Nach der Verfüllung macht sich weiterhin eine Absperrung des altbergbaulich bedingten Einwirkungsbereiches erforderlich. Anstatt einer Stacheldrahtumzäunung sollte eine stabile Wild- oder Maschendrahtumzäunung zur Anwendung kommen. Eine Stahlseilabsperrung mit Heckenbepflanzung verhindert ebenfalls effektiv ein Begehen des Risikobereiches. Eine periodische Kontrolle und Wartung der

Absperrung sowie bei Bedarf eine Nachverfüllung eingetretener Massendefizite ist einzuplanen.

Die Objekte in der Risikoklasse III bedürfen einer detaillierten Erkundung und Bewertung. Als Erkundungsziele sind die Lokalisierung von Grubenbauen, die Ermittlung des Verfüllungsgrades von Hohlräumen und der Dauerstandseigenschaften des Deckgebirges zu nennen. Im Ergebnis der geotechnisch-markscheiderischen Untersuchungen können dann die Standsicherheitsverhältnisse nachgewiesen oder erforderliche Verwahrungs- und Sicherungsmaßnahmen abgeleitet werden.

Für die bohrtechnische Erkundung sind Voll- und Rotationskernbohrungen vorzusehen. Die Vollbohrungen werden in Form von Rastern zur Lokalisierung der Altbergbauobjekte genutzt. Mit den Kernbohrungen werden die ingenieurgeologischen Deckgebirgsverhältnisse bewertet. Der Einsatz von Foto- und Fernsonden ergänzt die bohrtechnische Erkundung bei erbohrtem Hohlraum.

## **Literatur**

AUTORENKOLLEKTIV (1999): Chronik der Wismut (CD).- WISMUT GmbH, Chemnitz

MEIER, G. et al. (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V. - Tagungsband 4. Altbergbau-Kolloquium, 04. bis 06.11.2004, Leoben, Anhang S. 1 - 23, Verlag Glückauf, Essen

MEIER, G. (2006): Holz im Altbergbau.- Tagungsband 6. Altbergbau-Kolloquium, 09. bis 11.11.2006, RWTH Aachen, S. 217 – 229, VGE Verlag GmbH, Essen

MEIER, G. (2007): Geotechnisch-markscheiderische Anforderungen an Sicherungen und Verwahrungen von Schächten im Altbergbau.- Tagungsband 7. Altbergbau-Kolloquium, 08. bis 10.11.2007, TU Bergakademie Freiberg, S. 188 – 196, VGE Verlag GmbH, Essen

SCHREYER, J. (2007): Verwahrungs- und Sicherungsmaßnahmen im Rahmen des Verwaltungsabkommens Wismut-Altstandorte. -Tagungsband 7. Altbergbau-Kolloquium, 08. bis 10.11.2007, TU Bergakademie Freiberg, S. 16 - 24, VGE Verlag GmbH, Essen