

Risiko- und Gefahrenanalyse an Altbergbauanlagen unter Verwendung geotechnischer Untersuchungsverfahren

Risk- and hazard analysis of old mining plants by using geotechnical methods of investigation

Meier, G.¹

Zusammenfassung

In den traditionsreichen Lagerstättenrevieren sind durch die umfangreichen bergmännischen Tätigkeiten zahlreiche unterschiedliche Schadensbilder zu erwarten, die lokal katastrophale Ausmaße für Menschen und Sachwerte annehmen können. Eine Risikoanalyse in diesen altbergbaulichen Einwirkungsbereichen basiert maßgeblich auf der Verwendung geotechnischer Untersuchungsverfahren. Ausgehend von den Definitionen von Risiko und Gefahr wird die Ermittlung und Bewertung von Risikoklassen aufgezeigt. Eine äquivalente Anwendung dieser Risikoklassen zur sicherheitsrelevanten Klassifikation von Hängen und Böschungen im Festgesteinsbereich wird vorgestellt.

Keywords: Risiko, Gefahr, Altbergbau, Risikoanalyse, Rutschung, Steinfall, Georisiko

Abstract

Because of extensive mining activities in the traditional deposit districts numerous different types of damages are expected. These damages may assume catastrophic measures for humans and material assets. A risk analysis in the zone of affected burdens is mainly based on the use of geotechnical methods of investigation. Based on the definition of risk and hazard the way to determine and assess risk classes is shown. To classify natural and man made slopes in rock under safety-relevant aspects, a equivalent use of risk classes is presented.

Keywords: risk, hazard, old mining, risk analysis, landslide, rockfall, georisk

1 Problemstellung

Durch die sprunghaft zunehmende über- und untertägige bergmännische Gewinnung von Bodenschätzen insbesondere in den zurückliegenden 1000 Jahren wurden zahlreiche tages- und oberflächennahe Hohlräume geschaffen. Vor allem in den letzten 200 Jahren seit der Durchsetzung der technischen Revolution und rasanten Industrialisierung nahmen ihre Umfänge sprunghaft zu. Im gleichen Maße haben sich die sonstigen unterirdischen Hohlräume, entstanden durch bergmännische Tätigkeit, wie z. B. Tunnel, Bergkeller oder Luftschutzanlagen entwickelt. Ebenfalls hinterließ die übertägige Gewinnung von Bodenschätzen sowie Steine und Erden unzählige Restlöcher unterschiedlicher Größe. Diese unter- und übertägigen Anlagen des Altbergbaus mit sehr differenzierten Gefährdungs- und Risikoeigenschaften gewinnen durch die permanente Reduzierung der Dauerstandsfestigkeit unter der Wirkung der ingenieurgeologischen Prozesse auf das Deckgebirge und durch die intensive Nutzung der Tagesoberfläche stetig an sicherheitsrelevanter Bedeutung. Aber auch der gravierende Rückgang der Bergbautätigkeiten in Europa wirft verstärkt die Frage auf, welche Gefährdungs- und Risikopotentiale für die Tagesoberfläche von in Stilllegung befindlichen oder noch stillzulegenden bergbaulichen Betrieben ausgeht, denn es gilt der Grundsatz: Bergmännische Aktivitäten von heute sind der Altbergbau von morgen. [1]

Die möglichen Einwirkungen auf die Tagesoberfläche erzeugen differenzierte Erscheinungsbilder (z. B. Tagesbrüche, Riss- und Spaltenbildungen, Rutschungen), die lokal sogar katastrophale Ausmaße für Menschen und Sachwerte aufweisen können. Aufgrund dieser Sachlage entwickelte sich die Forderung nach einer Systematisierung und Vereinheitlichung der Bearbeitungskriterien von Altbergbauproblemen. In der Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT und DGG wurden dazu nach dem Stand der Technik die nivellierten Grundlagen geschaffen. [2]

Auf der Basis dieser Risiko- und Gefahrenanalyse an Altbergbauanlagen bieten sich äquivalente Untersuchungen und Bewertungen bei den unterschiedlichen Georisiken an. Insbesondere sind hier die differenzierten gravitativen Prozesse an Hang- und Böschungssystemen zu nennen, deren standsicherheitsbezogene Analyse ein wichtiger Bestandteil für die Bewertung von Halden und Restlöchern, Kippen und Einschnitten, aber auch von natürlichen Hangsystemen im Locker- und Festgesteinsbereich ist. Diese komplexe Betrachtungsweise verbessert auch das Risikomanagement an diesen Objekten. Im Rahmen der Risiko- und Gefahrenanalyse ermöglichen differenzierte geotechnische Herangehensweisen und Untersuchungsverfahren die Erarbeitung von ingenieurgeologischen Modellen zur besseren Eingrenzung der risikobedingten Einwirkungsbereiche.

¹ Dr.-Ing. habil. Günter Meier, Ingenieurbüro Dr. G. Meier, Am Schirmbach 7, 09600 Wegfarth/Freiberg, e-mail: ib@dr-gmeier.de

2 Risiko- und Gefahrenanalyse

Bei den ingenieurgeologischen Betrachtungen von Georisiken ist eine Trennung der Begriffe Risiko und Gefahr eine grundlegende Voraussetzung.

Eine Gefahr ist dann gegeben, wenn ein Ereignis (Schaden) in überschaubarer Zukunft mit hinreichender Wahrscheinlichkeit zu erwarten ist und eine Bedrohung von Schutzgütern der öffentlichen Sicherheit (insbesondere Leib und Leben von Menschen oder Sachgütern von hohem Wert) vorliegt.

Ein Risiko ist aus wissenschaftlich-technischer Sicht ein zu erwartendes „unerwünschtes Ereignis“ aus dem Produkt der Eintrittswahrscheinlichkeit und dem Schadensausmaß des Ereignisses.

$$R_i = E_i \times S_i \quad (1)$$

R_i Risiko

E_i Eintrittswahrscheinlichkeit

S_i Schadensausmaß eines unerwünschten Ereignisses.

Ein hohes Risiko kann auch dann vorliegen, wenn nur einer der beiden Faktoren einen hohen Wert annimmt. Innerhalb eines zu erwartenden Einwirkungsbereiches von Risiken ist ein risikofreier Zustand nicht erreichbar, da sich in der Realität eine Eintrittswahrscheinlichkeit von Null oder ein Schadensausmaß von Null nicht erzielen lässt. Für die verschiedenen Georisiken sind die möglichen Einwirkungsbereiche durch ingenieurgeologische Bewertungen auf der Grundlage des vorliegenden Erkenntnisstandes auszugliedern und in zweckorientierten ingenieurgeologischen Modellen darzustellen. Ein Zustand ist sicher, wenn alle bestehenden Risiken unter einem vertretbaren Risiko (Grenzrisiko) liegen (Abb. 1).

Ziel der Risiko- und Gefahrenanalyse ist es deshalb, die von einem Altbergbau bedingten Einwirkungsbereich ausgehenden Risiken und Gefahren zu quantifizieren und in Bezug auf definierte Grenzrisiken zu bewerten. Im Einzelnen sind dabei folgende Bearbeitungsetappen zu berücksichtigen:

- Identifikation der möglichen „unerwünschten Ereignisse“ (Schadens- und ggf. Gefahrenquellen)
- Ermittlung der Eintrittswahrscheinlichkeiten für die „unerwünschten Ereignisse“ (Wirksamwerden der Schadens- und ggf. Gefahrenquellen)
- Ermittlung der zu erwartenden Schadensausmaße
- Ermittlung und Bewertung der Risiken und Gefahren

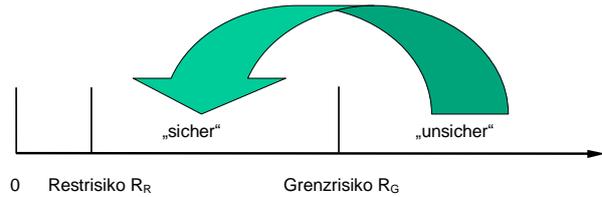


Abb. 1: Zusammenhang zwischen Restrisiko und Grenzrisiko, „sicher“ und „unsicher“.

Fig. 1: Correlation between remaining risk and limiting risk, „safe“ and „not safe“.

Der Anschaulichkeit halber sollte das Ergebnis der Risikoanalyse in Karten dargestellt werden, da es sich bei den identifizierten „unerwünschten Ereignissen“, den Eintrittswahrscheinlichkeiten, den Schadensausmaßen und damit den Risiken / Gefahren um raumbezogene Informationen handelt.

3 Geotechnische Untersuchungen

Grundsätzlich beinhalten die geotechnischen Untersuchungen und Bewertungen bei den Altbergbauproblemen eine interdisziplinäre Bearbeitung, um alle verfügbaren Informationen zum Altbergbau und zu den ingenieurgeologisch-hydrogeologischen Verhältnissen zu erfassen. In Abhängigkeit von der vorgegebenen Zielstellung ist der risikobedingte Einwirkungsbereich auszugrenzen. Im Altbergbau wird dieser Bereich durch bergbauliche Relikte in seinen Eigenschaften bzw. seinen Funktionen nachteilig beeinflusst. In diesem Bereich kann zukünftig eine Beeinträchtigung nicht ausgeschlossen werden. Die Abgrenzung an der Tagesoberfläche erfolgt im Einzelfall in Abhängigkeit von der bergbaulichen Situation, den ingenieur- und hydrogeologischen sowie tektonischen Verhältnissen und den boden- bzw. felsmechanischen Eigenschaften des Deckgebirges.

Innerhalb eines Einwirkungsbereiches ergeben sich Detailuntersuchungen zu den Ursache-Wirkungs-Beziehungen. Dabei sind die geomechanischen, hydraulischen und die spezifischen Eigenschaften der Grubenbaue Bewertungsschwerpunkte. Die vermessungstechnische Erfassung der verschiedenen Erscheinungsbilder (Schadens- und Gefahrenquellen) des Altbergbaus auf die Tagesoberfläche (z. B. Tagesbrüche, Spalten, Senkungen) stellt einen wesentlichen Bestandteil der Bearbeitung dar.

Zur Untersuchung von nicht begehbaren Hohlräumen werden folgende Verfahren eingesetzt:

- direkte Verfahren: bergmännische Aufschlüsse, Schürfe, Bohrungen, Rammkernsondierungen
- indirekte Verfahren: Rammsondierungen, geophysikalische Verfahren
- Sonderverfahren: Foto- und Fernsehsonde, Tracer, Wetter- und Wassermessungen

Das häufigste direkte Verfahren sind Bohraufschlüsse. [3] In der Praxis haben sich Kombinationen von verschiedenen Verfahren als effektiv erwiesen.

4 Ermittlung und Bewertung der Risiken

Auf der Basis der verbal quantifizierten Eintrittswahrscheinlichkeiten und der jeweiligen Schadensausmaße sind für alle identifizierten „unerwünschten Ereignisse“ nach Gleichung (1) die Risiken zu bestimmen. Es ist zunächst zu prüfen, ob die ermittelten Risiken R_i unter einem vertretbaren Grundrisiko R_G liegen (Abb. 2).

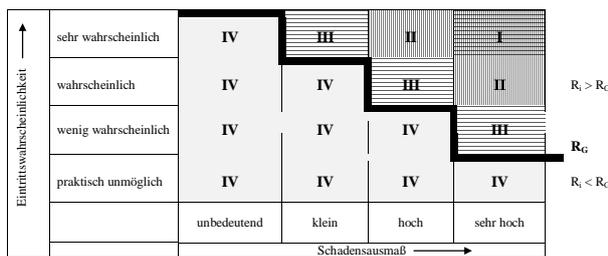


Abb. 2: Abhängigkeit des Risikos von der Eintrittswahrscheinlichkeit und vom Schadensausmaß
 Fig. 2: Dependence of risk on probability of occurrence and measure of damage.

Der Verlauf des Grenzniveaus R_G in Abbildung 2 (schwarze dicke Linie) verdeutlicht, dass ein unbedeu-

tendes Schadensausmaß sehr wahrscheinlich, sehr hohe Schadensausmaße praktisch unmöglich auftreten dürfen. Liegen alle Risiken der identifizierten „unerwünschten Ereignisse“ unter dem Grenzniveau R_G , so ist die Sicherheit der Tagesoberfläche gegeben. [2] Es verbleibt lediglich das nicht ausschaltbare Restrisiko.

In vielen Fällen fehlen Vorgaben für das Grenzniveau, da eine Vielzahl von Einflussfaktoren existiert (z. B. Rechtsvorschriften, Akzeptanz der Bevölkerung, finanzielle Mittel des Auftraggebers). Aufgrund dieser Randbedingungen lassen sich eine allgemein gültige Definition des Grenzniveaus und von Risikoklassen nicht pauschal vornehmen. In der Praxis hat sich ein Bewertungsschema der Risikoklassen über bergmännisch hergestellten Hohlräumen bewährt [2]. Bei Grenzfällen wird grundsätzlich die höhere Risikoklasse vergeben (Tab. 1).

Bei den altbergbaulichen Relikten sind nicht nur Hohlräume zu untersuchen und zu bewerten, sondern in vielen Fällen sind Hänge und Böschungen Bestandteil der Altbergbau bedingten Einwirkungsbereiche. Die Tabelle 2 enthält ein Bewertungsbeispiel der Risikoklassen an Hängen und Böschungen im Festgesteinsbereich im Konsens mit der untertägigen Situation.

In den Tabellen 1 und 2 sind die Bewertungskriterien für die Risikoklassen für den untertägigen Altbergbau und für Hänge und Böschungen miteinander praxisorientiert abgestimmt.

Tab. 1: Bewertungsbeispiel der Risikoklassen über bergmännisch hergestellten Hohlräumen
 Tab. 1: Definition of risk classes on old mining plants

Risikoklasse (farbige Kennzeichnung)	Geotechnisch-marktscheiderisches Schadensbild	Vorhandene Nutzung der Tagesoberfläche	Einschätzung der Dauerstandfestigkeit	Empfohlene Maßnahmen
I (rot)	<ul style="list-style-type: none"> - Tagesbruch, Bohrloch-, Schacht- und Mundlochverbruch - größere Deformation an der Tagesoberfläche, z. B. Spaltenbildung, Senkung - offene, ungesicherte Tagesöffnung - akuter Wasserschaden (z. B. Standwasserbildung im Stollen, Wasseranstieg) - aktiver untertägiger Verbruchprozess 	<ul style="list-style-type: none"> - unmittelbare Überbauung, Bereiche mit erhöhter statischer und dynamischer Belastung - Flächen mit intensiver land- und forstwirtschaftlicher sowie gärtnerischer Nutzung - Verkehrswege - stark frequentierte öffentliche Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe und geringe Dauerstandfestigkeit des Gebirges - akute Tagesbruchgefährdung - akute Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Sofortsicherung umgehend erforderlich - dringender Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten - Nutzungseinschränkung oder Sperrung der Tagesoberfläche notwendig

Risiko- klasse (farbige Kenn- zeich- nung)	Geotechnisch- markscheiderisches Scha- densbild	Vorhandene Nutzung der Tagesoberfläche	Einschätzung der Dau- erstandsicherheit	Empfohlene Maß- nahmen
II (gelb)	<ul style="list-style-type: none"> - Tagesbruch, Bohrloch-, Schacht- und Mundlochverbruch - größere Deformation an der Tagesoberfläche, z. B. Spaltenbildung, Senkung - offene, erstgesicherte Tagesöffnung - Wasserschaden (z. B. Standwasserbildung im Stollen, Wasseranstieg) - aktiver untertägiger Verbruchprozess - nicht dauerstandsicher verfüllte oder teilverfüllte Schächte - unsicher abgebühnte nicht- oder teilverfüllte Schächte 	<ul style="list-style-type: none"> - Bebauungsgebiete, jedoch keine direkte Bebauung bzw. in deren unmittelbarem Einflussbereich - land- und forstwirtschaftliche Flächen - gering frequentierte öffentliche Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe und geringe Dauerstandfestigkeit des Gebirges - hohe Tagesbruchgefahr (zulässige Grenzdeckgebirgsmächtigkeit wird deutlich überschritten) - hohe Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Sofortsicherung umgehend erforderlich - Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten - Nutzungseinschränkung oder Sperrung der Tagesoberfläche notwendig
III (grün)	<ul style="list-style-type: none"> - stabilisierte, ältere Pingen-, Verbruch- und Deformationszonen an der Tagesoberfläche - dauerhaft gesicherte Tagesöffnung - tages- und oberflächennahe Grubenbaue - keine oder nur geringfügige Gebirgsauflockerung an der Hohlraumkontur - geringfügig deformierter Ausbau oder Schachtdeformation, jedoch funktionsfähig 	<ul style="list-style-type: none"> - Randlage von Bauwerken, jedoch außerhalb deren unmittelbarer Nutzung - land- und forstwirtschaftliche Flächen 	<ul style="list-style-type: none"> - mittel- und langfristig ist eine Schwächung der Dauerstandfestigkeit gegeben - Tagesbrüche oder/ und Deformationen sind nicht unmittelbar zu erwarten - Grubenbaue (Grenzdeckgebirgsmächtigkeit wird unterschritten) 	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrollen werden empfohlen (monatlich bis jährlich) - mittel- und langfristig sind Untersuchungs- und Sanierungsarbeiten vorzusehen
IV (blau)	<ul style="list-style-type: none"> - keine Verbrüche und Deformationen an der Tagesoberfläche - dauerhaft gesicherte Tagesöffnung - kontrollfähiger Wasserabfluss - keine First- und Stoßausbrüche (Absandungen möglich) - keine Schachtdeformation - Ausbau ist ausreichend dimensioniert und dauerhaft funktionsfähig 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Nutzungseinschränkungen für Tagesoberfläche und Hohlraum 	<ul style="list-style-type: none"> - Dauerstandsicherheit des Hohlraumes gegeben - zulässiger Wert für die Grenzdeckgebirgsmächtigkeit wird unterschritten 	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrollen in größeren Intervallen werden in Einzelfällen empfohlen

Tab. 2: Definition der Risikoklassen an Hängen und Böschungen im Festgesteinsbereich
 Tab. 2: Definition of risk classes on natural slopes and man made slopes in rock

Risiko-klasse	Geotechnische Situation und Schadensbilder	Vorhandene Nutzung der Geländeoberfläche im Einwirkungsbereich	Einschätzung der Dauerstandssicherheit und Einwirkungsintensität von „unerwünschten Ereignissen“	Empfohlene Maßnahmen
I (rot)	<ul style="list-style-type: none"> - aktive Massenbewegungen (Felssturz, Steinschlag, Rutschung, Spaltenbildungen) - akute Gefahr des Abkippens, Abgleitens und Fallens größerer Blöcke - stark aufgelockerte und bewegte Klufkörperverbände, Blöcke und Felspartien - sehr labile Überhänge - sehr intensive Auflockerung von Klufverbänden durch aktive Verwitterungsprozesse 	<ul style="list-style-type: none"> - unmittelbare Überbauung, Bereiche mit erhöhter statischer, dynamischer und hydrologischer Belastung - Flächen mit intensiver land- und forstwirtschaftlicher sowie gärtnerischer Nutzung - Verkehrswege - stark frequentierte öffentliche Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe und geringe Dauerstandssicherheit - akute Rutschgefährdung - akute Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Erstsicherung umgehend erforderlich - dringender Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungsmaßnahmen oder Sanierungsarbeiten - Nutzungseinschränkungen oder Sperrung der Geländeoberfläche notwendig
II (gelb)	<ul style="list-style-type: none"> - kleinere und begrenzt aktive Massenbewegungen (Steinschlag, Rutschung, Spaltenbildung) - hohe Gefahr des Abkippens, Abgleitens und Fallens großer Blöcke - aufgelockerte und bewegte Klufkörperverbände, Blöcke und Felspartien - labile Überhänge - intensive Auflockerungen durch aktive Verwitterungsprozesse und Baumbewuchs 	<ul style="list-style-type: none"> - Bebauungsgebiet, jedoch keine direkte Bebauung bzw. in deren unmittelbarem Einflussbereich - land- und forstwirtschaftliche Flächen - gering frequentierte öffentlich Bereiche 	<ul style="list-style-type: none"> - sehr geringe und geringe Dauerstandssicherheit - hohe Rutschgefährdung - hohe Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - Erstsicherung umgehend erforderlich - Handlungsbedarf für dauerhafte Sicherungs- und Sanierungsmaßnahmen - Nutzungseinschränkungen oder Sperrung der Geländeoberfläche notwendig
III (grün)	<ul style="list-style-type: none"> - fossile Massenbewegungen (Felssturz, Steinschlag, Rutschung) - beginnendes Versagen bereits bestehender Sicherungsmaßnahmen (z. B. Steinschlagschutznetze, Stützmauer) - starke Auflockerung durch aktive Verwitterungsprozesse und Baumbewuchs 	<ul style="list-style-type: none"> - Randlage von Bebauungen, jedoch außerhalb deren unmittelbarer Nutzung - land- und forstwirtschaftliche Flächen 	<ul style="list-style-type: none"> - mittelfristig ist eine Schwächung der Dauerstandssicherheit gegeben - kurz- und mittelfristig sind keine gravitativen Massenbewegungen zu erwarten - kurz- und mittelfristig keine unmittelbare Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrollen werden empfohlen (monatlich bis jährlich) - mittel- bis langfristig sind Untersuchungs-, Sicherungs- und Sanierungsarbeiten vorzusehen

Risiko- klasse	Geotechnische Situation und Schadensbilder	Vorhandene Nutzung der Geländeoberfläche im Einwirkungsbereich	Einschätzung der Dauerstandssicherheit und Einwirkungsintensität von „unerwünschten Ereignissen“	Empfohlene Maßnahmen
IV (blau)	<ul style="list-style-type: none"> - stabile fossile Massenbewegungen (Felssturz, Talzusub, Rutschung) - kein Steinschlag, jedoch Absandungen und Abgrusungen möglich - geordneter und kontrollfähiger Wasserabfluss - begrenzte Auflockerung durch aktive Verwitterungsprozesse und niedriger Baum- und Strauchbewuchs (< 3 m) - Intakte Sicherungsmaßnahmen und / oder Gras-/ Strauchbewuchs 	<ul style="list-style-type: none"> - keine Nutzungseinschränkungen 	<ul style="list-style-type: none"> - Dauerstandssicherheit ist gegeben - keine Gefährdung der öffentlichen Sicherheit 	<ul style="list-style-type: none"> - periodische Kontrollen und Unterhaltungsmaßnahmen in größeren Intervallen

Literatur

[1] MEIER, G.. (2004): Die bisherige Tätigkeit des Arbeitskreises 4.6 „Altbergbau - geotechnische Erkundung und Bewertung“ und dessen zukünftige Aufgaben. - Tagungsband 4. Altbergbaukolloquium, 4. bis 6. Nov. 2004 in Leoben, S. 7 - 12, Essen (Glückauf).

[2] AUTORENKOLLEKTIV (2004): Empfehlung „Geotechnisch-markscheiderische Untersuchung und Bewertung von Altbergbau“ des Arbeitskreises 4.6 der Fachsektion Ingenieurgeologie der DGGT e. V.. - Tagungsband 4. Altbergbaukolloquium, 4. bis 6. Nov. 2004 in Leoben, Anhang S. 1 - 23, Essen (Glückauf).

[3] MEIER, G.. (2001): Zur Effektivität von Bohraufschlüssen bei der Altbergbauerkundung. - Sonderheft Geotechnik, 13. Nat. Tagung f. Ing.-Geol. Karlsruhe, S. 225 - 226, Essen (Glückauf).